

Machbarkeitsstudie: „Biomasse- und Sonnenenergienutzung für das Schulzentrum Jünkerath“

Projektleitung:

Prof. Dr. Peter Heck

Erstellt von:

Dipl. Betriebswirt (FH) Thomas Anton

Dipl.-Ing. (FH) Carmen Bender

In Zusammenarbeit mit:

Daniel Strauß

Mit freundlicher Unterstützung:



Ministerium für
Umwelt, Forsten und Verbraucherschutz
Rheinland-Pfalz

Auftraggeber:

Struktur- u. Genehmigungsdirektion Süd
Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz
Hauptstraße 16
67705 Trippstadt

Überarbeitete Version September 2006

Kontakt:

Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS)

Postfach 1380

55761 Birkenfeld

www.ifas.umwelt-campus.de

INHALTSVERZEICHNIS

INHALTSVERZEICHNIS	V
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	VIII
TABELLENVERZEICHNIS	IX
1. Einleitung	1
1.1. Ist-Situation	2
2. Wärmeversorgungs- und Bereitstellungssystem	4
2.1. Grundlagen	4
2.1.1. Heiztechnischer Ist-Stand Grundschule	4
2.1.2. Heiztechnischer Ist-Stand Schwimm- und Turnhalle	6
2.1.3. Heiztechnischer Ist-Stand Regionalschule	7
2.1.4. Überblick des Jahresenergieverbrauches	9
2.2. Dezentrale Lösung	11
2.3. Zentrale Lösungen	12
2.3.1. Variante 1	13
2.3.2. Wärmeverteilung und Kosten der Variante 1	14
2.3.3. Variante 2	16
2.3.4. Wärmeverteilung und Kosten der Variante 2	17
2.4. Nutzung von Biomasse	19
2.4.1. Brennstoffe	19
2.4.2. Feuerungsanlagen	21
2.4.3. Brennstofflager	23
2.4.4. Heizzentrale	27

2.5.	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	29
2.5.1.	Methodik	29
2.5.2.	Wirtschaftlichkeitsberechnungen Dezentral	29
2.5.3.	Wirtschaftlichkeitsberechnungen Variante 1	31
2.5.4.	Wirtschaftlichkeitsberechnungen Variante 2	33
2.5.5.	Ergebnisdiskussion	35
2.5.6.	Finanzielle Förderungen	39
3.	Solarthermieranlagen	44
3.1.	Variante I	44
3.1.1.	Projektbericht	45
3.1.2.	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der Variante I	52
3.1.1.1	Investitionskosten der Solarthermieranlage Variante I	52
3.1.1.2	Alternativinvestition Dachkonstruktion Variante I	53
3.1.1.3	Ergebnisdiskussion	56
3.2.	Variante II	57
3.3.	Variante III	57
4.	Photovoltaik	59
4.1.	Photovoltaik allgemein	60
4.2.	Photovoltaikbetrachtung der Dächer des Schulzentrums	61
4.2.1.	Dachflächenkartierung	62
4.2.2.	Simulation	63
4.2.3.	Wirtschaftlichkeit	64
4.3.	Ergebnisdiskussion	65
5.	Zusammenfassung und Handlungsempfehlungen	65
5.1.	Nahwärmeverbund auf Basis der Biomassenutzung	66

5.2. Solarthermie	70
5.3. Photovoltaik.....	71
5.4. Schlusswort.....	73
LITERATURVERZEICHNIS.....	74
INTERNETQUELLEN.....	74
ANHANG	75
Gebäudedatenblätter	75
Simulations-Datenblätter	75
Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen.....	75

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Luftbild Schulzentrum Jünkerath.....	2
Abbildung 2: Südfassade der Turnhalle mit Wintergarten	3
Abbildung 3: Grundschule	5
Abbildung 4: Energieverbrauch Grundschule	5
Abbildung 5: Energieverbrauch Schwimm- und Turnhalle	7
Abbildung 6: Regionalschule (I) Hauptgebäude	8
Abbildung 7: Regionalschule (II) Anbau	8
Abbildung 8: Energieverbrauch Regionalschule	9
Abbildung 9: Durchschnittlicher Energieverbrauch	10
Abbildung 10: Lageplan Variante 1.....	13
Abbildung 11: Lageplan Variante 2.....	16
Abbildung 12: Biomasselager	26
Abbildung 13: Skizze Heizzentrale und Biomasselager.....	28
Abbildung 14: Grafische Darstellung der Ergebnisse der Wirtschaftlichkeits- berechnung	38
Abbildung 15: Preisentwicklung Pellets, Heizöl und Erdgas	39
Abbildung 16: Solarkollektoren auf dem Wintergarten.....	44
Abbildung 17: Systemkomponenten der Solarthermieanlage nach Variante I.....	45
Abbildung 18: Anteil der Solarenergie am Energieverbrauch Variante I.....	50
Abbildung 19: Maximale Kollektortemperaturen Variante I.....	51
Abbildung 20: PV-Anlage auf der Realschule Hückeswagen	59
Abbildung 21: Hinsichtlich PV-Nutzung untersuchte Dächer	61

Abbildung 22: Ergebnisgrafik der Wirtschaftlichkeitsberechnungen für das Wärmebereitstellungssystem	67
--	----

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Jährlicher Energieverbrauch im Ist-Zustand	9
Tabelle 2: Kesselleistung in Bezug auf die Vollbenutzungsstunden	10
Tabelle 3: Nahwärme Variante 1 Grunddaten	14
Tabelle 4: Kosten der Wärmeleitung und deren Komponenten (Variante 1)	15
Tabelle 5: Nahwärme Variante 2 Grunddaten	17
Tabelle 6: Kosten der Wärmeleitungen und deren Komponenten (Variante 2).....	18
Tabelle 7: Brennstoffvergleich Biomasse	20
Tabelle 8: Brennstoffpreise.....	21
Tabelle 9: Aufteilung der Wärmebereitstellung Variante 1.....	23
Tabelle 10: Aufteilung der Wärmebereitstellung Variante 2.....	23
Tabelle 11: Auslegung der Brennstofflager	25
Tabelle 12: Maße des Brennstofflagers	25
Tabelle 13: Wirtschaftlichkeitsberechnung Dezentral Teil A.....	29
Tabelle 14: Wirtschaftlichkeitsberechnung Dezentral Teil B.....	30
Tabelle 15: Wirtschaftlichkeitsberechnung Variante 1 Teil A.....	31
Tabelle 16: Wirtschaftlichkeitsberechnung Variante 1 Teil B	32
Tabelle 17: Wirtschaftlichkeitsberechnung Variante 2 Teil A.....	33
Tabelle 18: Wirtschaftlichkeitsberechnung Variante 2 Teil B	34
Tabelle 19: Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnungen	35
Tabelle 20: Ergebnisse der Simulation der Solarthermieranlage Variante I.....	46

Tabelle 21: Berechnungsgrundlagen der Solarthermieranlage Variante I	48
Tabelle 22: Anlagenkomponenten Solarthermieranlage Variante I.....	49
Tabelle 23: Investitionskosten der Solarthermieranlage Variante I.....	53
Tabelle 24: Alternativinvestition einer Dachkonstruktion des Wintergartens Variante I	54
Tabelle 25: Wirtschaftlichkeitsberechnung Variante I.....	54
Tabelle 26: Wirtschaftlichkeitsberechnung Alternativ Variante I.....	56
Tabelle 27: Vergütung nach EEG	60
Tabelle 28: Übersicht über die Dachflächen.....	62
Tabelle 29: Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der PV-Anlagen	64
Tabelle 30: Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnungen für das Wärme- bereitstellungssystem.....	68
Tabelle 31: Ergebnisse Solarthermieranlage Variante I.....	71
Tabelle 32: Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnung der Photovoltaikanlagen	72

1. Einleitung

Der Energieverbrauch der Menschheit ist in den vergangenen Jahrzehnten stetig angestiegen und wird auch weiter ansteigen. Dabei werden jedoch verschiedene Probleme sichtbar: Zum einen belastet die Verbrennung von fossilen Energieträgern die Umwelt, da durch den vermehrten CO₂-Ausstoß der Treibhauseffekt vergrößert wird, zum anderen gehen diese Rohstoffe allmählich zu Neige und ihr Abbau wird aufwändiger und damit teurer. Atomare Energie als Alternative birgt hohe Sicherheitsrisiken.

Für den Endverbraucher werden diese Probleme in Form von steigenden Energiekosten sichtbar. Als Ausweg bieten sich regenerative Energieformen wie zum Beispiel die Nutzung von Sonnen- und Windenergie, sowie Energie aus Biomasse an.

Vor diesem Hintergrund beauftragte die Verbandsgemeinde Obere Kyll das Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS) mit der Erstellung eines Konzeptes für ein Nahwärmenetz zur Versorgung des Schulzentrums Jünkerath. Basis der Wärmeherzeugung sollte der nachwachsende Rohstoff Holz sein.

Darüber hinaus erfolgte eine Prüfung der Dachflächen der einzelnen Schulgebäude hinsichtlich ihrer Eignung für eine Belegung mit Solarkollektoren und mit Photovoltaikmodulen.

1.1. Ist-Situation

Die Gebäude des Schulzentrums Jünkerath werden bislang konventionell mit Wärme versorgt. Die vorhandenen Heizanlagen müssen in naher Zukunft altersbedingt saniert werden. Innerhalb dieser Machbarkeitsuntersuchung werden die Grundschule, Regionalschule und die Turn- und Schwimmhalle betrachtet.

Die Verbandsgemeinde Obere Kyll plant nun die Errichtung eines Nahwärmeverbundes auf Basis erneuerbarer Energien. Als regenerativer Brennstoff wird die Nutzung von Holzhackschnitzel, im Folgenden mit der Abkürzung HHS beschrieben, und Holzlindustriepellets betrachtet.

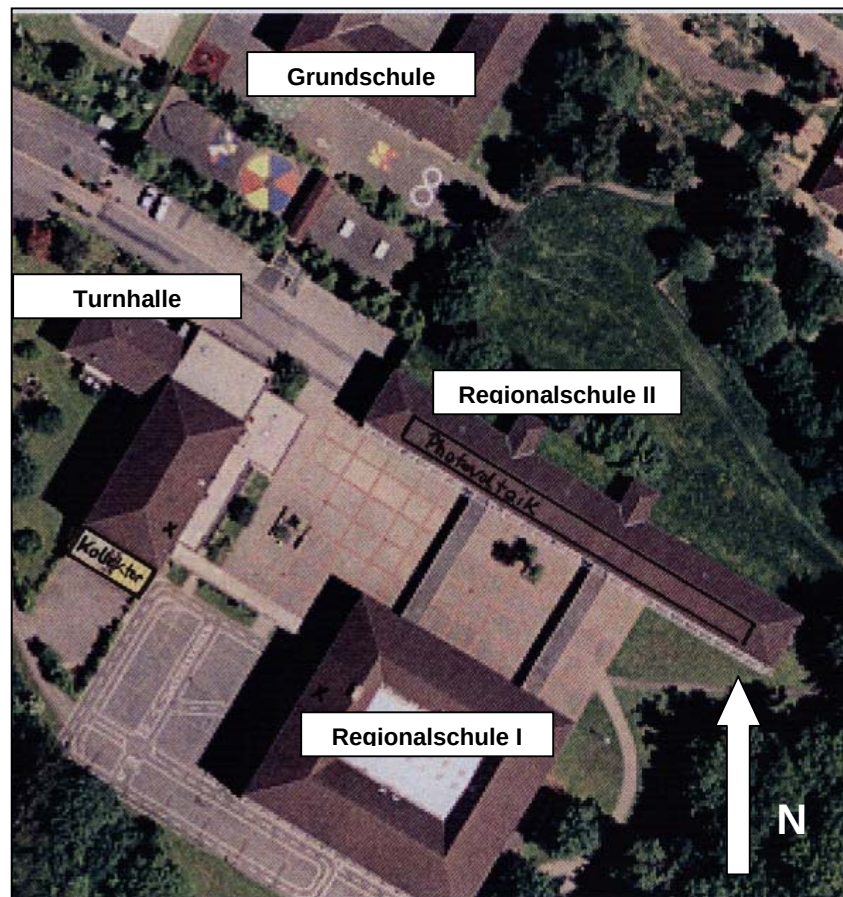


Abbildung 1: Luftbild Schulzentrum Jünkerath

Eine Besonderheit des Projekts ist das Hallenbad. Dieses wird ganzjährig beheizt und benötigt daher auch im Sommer große Mengen an Heizenergie. Auf der Südseite des Gebäudes schließt sich ein Wintergarten an das Hallenbad an. Durch die schlechten Wärmedämmeigenschaften seiner Glasfassade und seines Glasdaches kommt es im Sommer zu Überhitzungen und im Winter zu erhöhten Wärmeverlusten. Um den Betrieb des Hallenbades zu optimieren und den Energieverbrauch zu reduzieren, wurde angedacht im Dachbereich des Wintergartens eine Solarkollektoranlage zu installieren.



Abbildung 2: Südfassade der Turnhalle mit Wintergarten

Unabhängig vom Wärmeverbund möchte die VG Obere Kyll prüfen lassen ob es möglich ist, auf den Dächern der Schulgebäude Photovoltaikanlagen (Solarstromanlagen) zu installieren und wirtschaftlich zu betreiben (siehe Kapitel 4).

2. Wärmeversorgungs- und Bereitstellungssystem

Ziel dieser Machbarkeitsstudie ist es, eine Entscheidungsgrundlage für das zukünftige Wärmeversorgungs- und Bereitstellungssystem der Schule zu geben.

Schwerpunkt der Untersuchung ist der Vergleich eines Wärmeverbundes auf Basis von Biomassenutzung (Holzhackschnitzel oder Holzindustriepellets) mit der konventionellen Einzelversorgung der Gebäude.

Es werden mehrere Varianten eines neuen Wärmeversorgungssystems diskutiert und durch Wirtschaftlichkeitsberechnungen vergleichbar gegenüber gestellt.

2.1. Grundlagen

Nachfolgend werden die entsprechenden Gebäude im Ist-Zustand dargestellt und die zukünftigen Möglichkeiten zur Nutzung von regenerativen Energien im Rahmen dieser Ausarbeitung erläutert.

2.1.1. Heiztechnischer Ist-Stand Grundschule

Das Heizsystem der Grundschule besteht aus einer Feuerungsanlage (Gasgebläsebrenner) aus dem Jahr 1987 mit einer Leistung von 135 kW. Die Anbindung der Grundschule an den Wärmeverbund wird überprüft. Weitere Maßnahmen werden nicht betrachtet.



Abbildung 3: Grundschule

In Abbildung 4 wird der Energieverbrauch der Jahre 2002, 2003 und 2004 der Grundschule aufgezeigt.

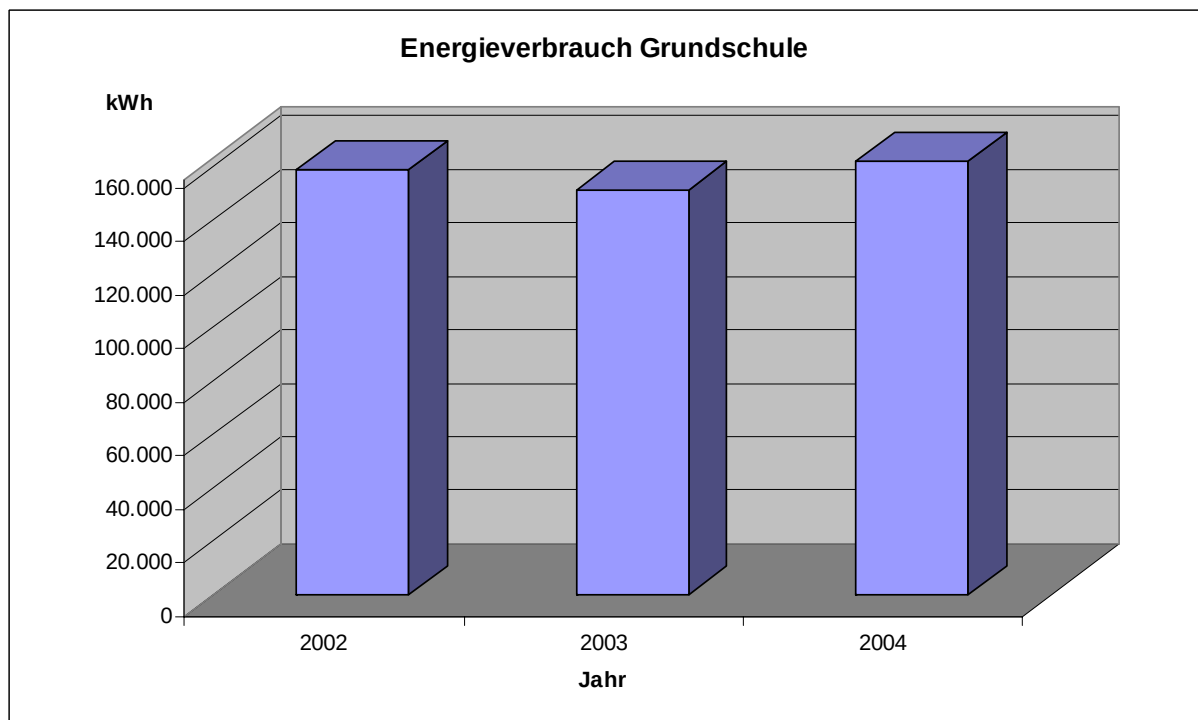


Abbildung 4: Energieverbrauch Grundschule

2.1.2. Heiztechnischer Ist-Stand Schwimm- und Turnhalle

Das Heizsystem der Schwimm- und Turnhalle besteht ebenfalls aus einer Feuerungsanlage mit Gasgebläsebrenner und zwei Brauchwasserwärmespeicher mit jeweils einem Volumen von 750 Liter, insgesamt 1500 Liter. Aufgrund der Nutzungsdauer der 1986 installierten Brauchwasserspeicher ist der Austausch der bestehenden gegen neue Speicher sinnvoll. Die Leistung der 1986 gebauten Feuerungsanlage beträgt 190 kW.

Die Schwimm- und Turnhalle soll wärmetechnisch an die geplante Heizzentrale angeschlossen werden und benötigt daher keinen eigenen Wärmeerzeuger mehr. Der Wintergarten soll aufgrund zu hoher Wärmeentwicklung bei starker Sonneneinstrahlung mit einer Solarthermieanlage auf dessen Dach versehen werden. Diese Flachkollektorenanlage soll dann das benötigte Volumen an Brauchwasser für den sanitären Bereich erwärmen. Zur Unterstützung der Solarthermieanlage soll der Brauchwasserspeicher in Zeiten geringer Sonneneinstrahlung durch den Kessel der Heizzentrale mit Wärme versorgt werden. Zusätzlich wird untersucht ob sich eine andere Solarthermieanlage, eine Anlage mit so genannten Absorbermatten, auf dem Dach des Gebäudes zur direkten Erwärmung des Beckenwassers wirtschaftlich darstellt. Die nachstehende Abbildung 5 zeigt den Energieverbrauch des Gebäudes in den letzten Jahren.

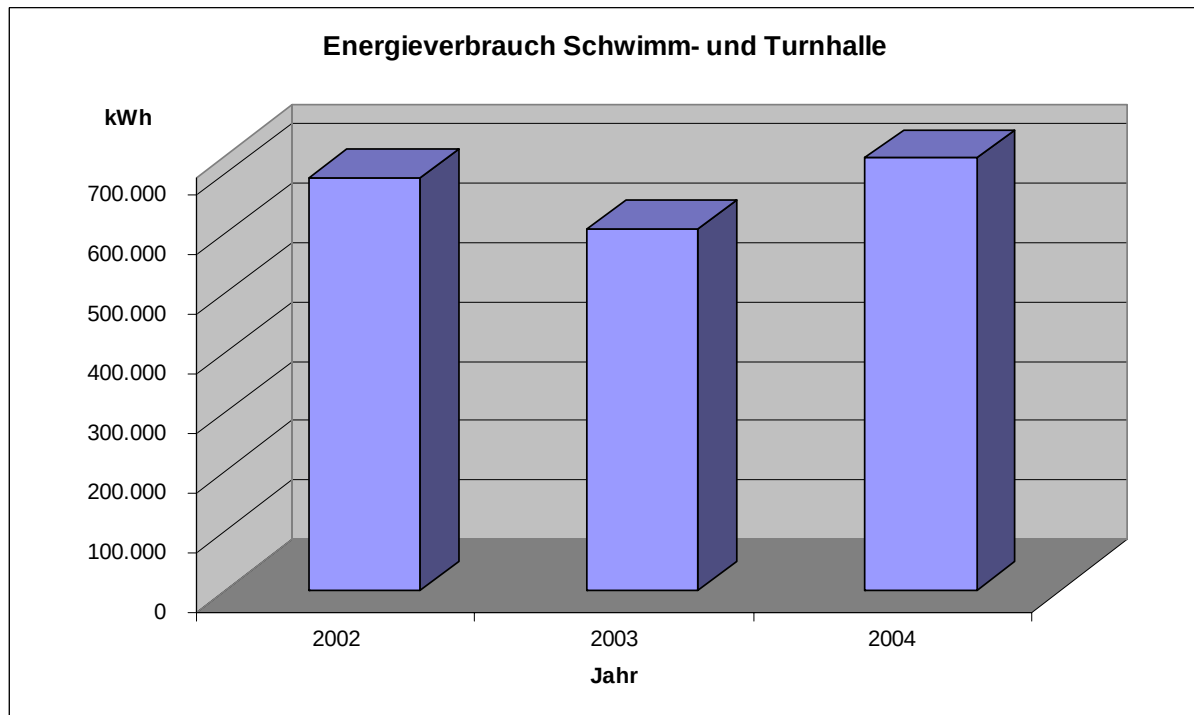


Abbildung 5: Energieverbrauch Schwimm- und Turnhalle

2.1.3. Heiztechnischer Ist-Stand Regionalschule

Die Regionalschule besteht aus einem Haupt- und einem Nebengebäude, welche beide bereits mit einer Wärmeleitung verbunden sind. Das Heizsystem befindet sich im Hauptgebäude (Regionalschule I) und besteht aus zwei Kesseln mit Gasgebläse-brennern. Die beiden Kessel von 1987 verfügen jeweils über eine Leistung von 190 kW. Aufgrund der Größe des Heizraumes und der zentralen Lage bietet sich dieser als Standort für die geplante Biomassefeuerungsanlage bestens an. Die für die Anlage erforderliche Brennstoffmenge könnte vor dem Heizraum, auf der Fläche des Schulhofes, in einem bauseits zu errichtenden Brennstofflager bevorratet werden. Des Weiteren wird die Installation einer großflächigen Solarthermieranlage untersucht.



Abbildung 6: Regionalschule (I) Hauptgebäude



Abbildung 7: Regionalschule (II) Anbau

In der folgenden Abbildung wird der Energieverbrauch der beiden Gebäude der Regionalschule aufgezeigt.

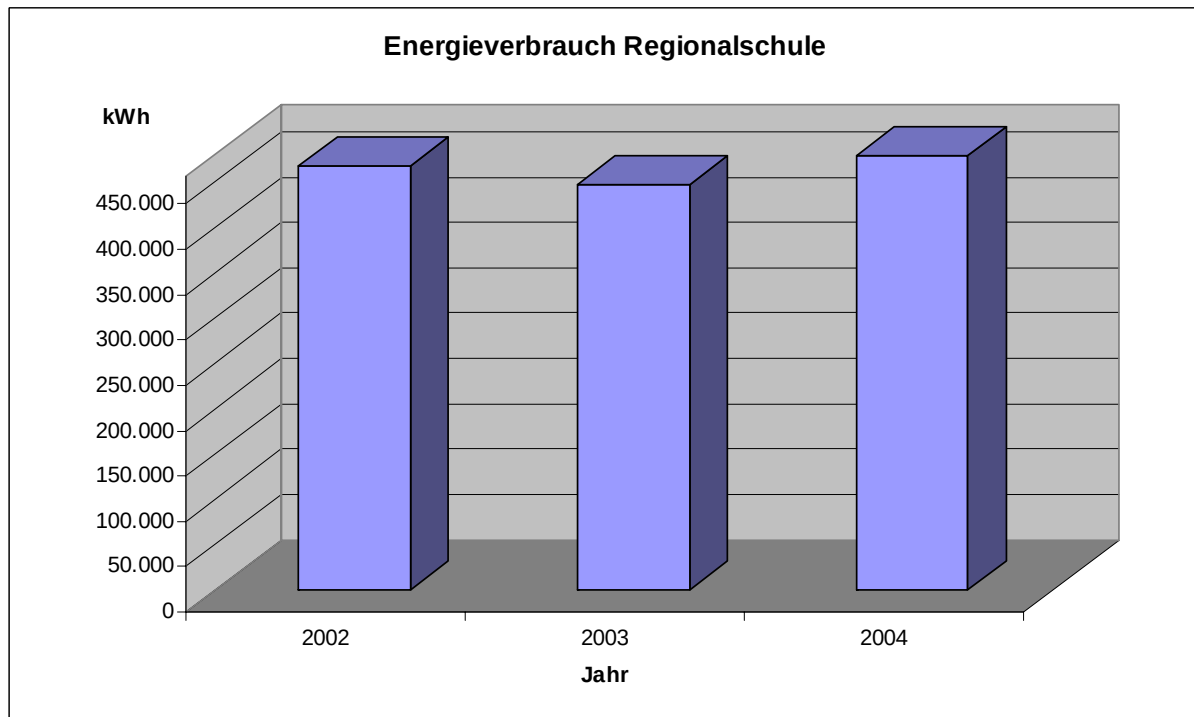


Abbildung 8: Energieverbrauch Regionalschule

2.1.4. Überblick des Jahresenergieverbrauches

Die Tabelle 1 fasst den Energieverbrauch der Gebäude zusammen und in Abbildung 9 sind die Mittelwerte nochmals grafisch dargestellt.

Tabelle 1: Jährlicher Energieverbrauch im Ist-Zustand

Jährlicher Energiebedarf der einzelnen Gebäude				
Jahr	Hallenbad-Turnhalle	Regionalschule	Grundschule	Summe
2002	691.954 kWh	469.044 kWh	158.797 kWh	1.319.795 kWh
2003	607.183 kWh	447.992 kWh	150.953 kWh	1.206.128 kWh
2004	725.980 kWh	481.446 kWh	162.055 kWh	1.369.481 kWh
Mittelwert	675.039 kWh	466.161 kWh	157.268 kWh	1.298.468 kWh

Die Auslegung der Anlagen basiert auf den Mittelwerten.

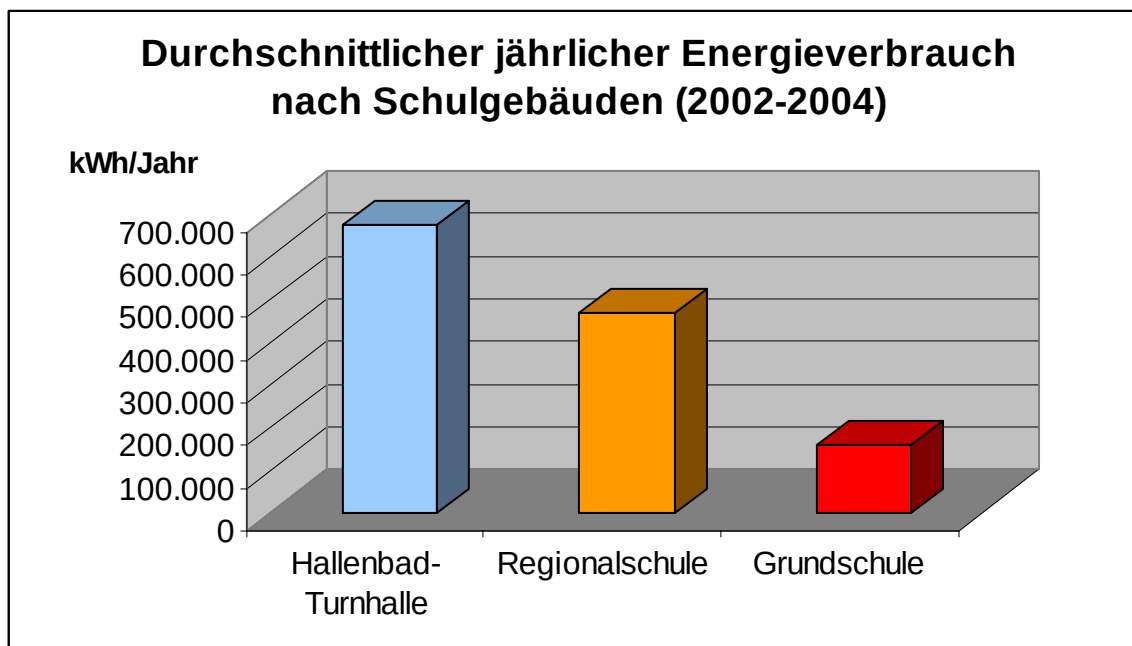


Abbildung 9: Durchschnittlicher Energieverbrauch

Die installierten Kessel mit ihren Leistungen sind gut auf die Anforderungen der jeweiligen Gebäude ausgelegt. Diese wird daraus ersichtlich, dass die Vollbenutzungsstunden in Tabelle 2 mit den entsprechenden Richtwerten in etwa übereinstimmen.

Tabelle 2: Kesselleistung in Bezug auf die Vollbenutzungsstunden

	Hallenbad-Turnhalle	Regionalschule	Grundschule
Installierte Leistung	190 kW	380 kW	135 kW
Vollbenutzungsstunden	3553 h	1227 h	1165 h
Richtwert	3600 h	1018-1370 h	1018-1370 h

2.2. Dezentrale Lösung

Die so genannte dezentrale Lösung ist die einfachste Variante. Für diese Lösung werden lediglich die bestehenden Kessel durch neue Kessel ausgetauscht. Da die jeweiligen Leistungen der bestehenden Kessel für die Gebäude mit dem momentanen Wärmedämmstandard gut ausgelegt sind, können diese Kessel, mit Feuerungsanlagen gleicher Leistung ersetzt werden.

Annmerkung: Durch Gebäudedämmmaßnahmen an den jeweiligen Gebäuden würde sich der benötigte Jahresenergiebedarf reduzieren und dadurch könnten Feuerungsanlagen mit geringeren Leistungen zum Einsatz kommen. Die Gebäudedämmung ist aus energetischer Sicht die effektivste Maßnahme zur Senkung des Heizenergieverbrauches.

Kessel neuerer Bauart sind effektiver in ihrer Energieausbeute, dies bedeutet aber auch, dass diese neuen Niedertemperatur-Kessel mit geringeren Abgastemperaturen als ihre Vorgänger arbeiten. Daher ist oft eine Sanierung der Schornsteinanlage, aufgrund von Kondensatbildung innerhalb des Schornsteines, notwendig. Da die Schornsteine der jeweiligen Gebäude in Jünkerath bereits mit Edelstahlrohren saniert worden sind und somit feuchtigkeitsunempfindlich gegenüber Kondensation sind, ist der Anschluss von neuen Niedertemperaturkesseln mit Gasgebläsebrennern ohne weitere Schornsteinumbaumaßnahmen möglich.¹

¹ Angaben über Schornsteine gemäß Aussage des zuständigen Bezirksschornsteinfegermeisters (BSM) Herr Fischer.

2.3. Zentrale Lösungen

Eine zentrale Wärmeversorgung versorgt die angrenzenden Wärmeverbraucher mit Wärme, welche an einem zentralen Ort bereitgestellt und über ein entsprechendes Energieverteilungssystem zu den Verbrauchern transportiert wird. In dieser Machbarkeitsuntersuchung werden für Jünkerath zwei Möglichkeiten einer zentralen Wärmeversorgung betrachtet. Zum einen wird in Betracht gezogen, die beiden Gebäudeteile der Regionalschule (I+II), die bereits schon mit einer Wärmeleitung verbunden sind, mit der Turn- und Schwimmhalle hydraulisch zu verbinden. Zum anderen wird der Anschluss der Grundschule an den gerade genannten Wärmeverbund der Regionalschule und Turn- und Schwimmhalle geprüft. Die Heizzentrale wird aufgrund der geeigneten Lage und der Größe des Standortes im Heizraum der Regionalschule untergebracht (siehe Kapitel 2.4).

2.3.1. Variante 1

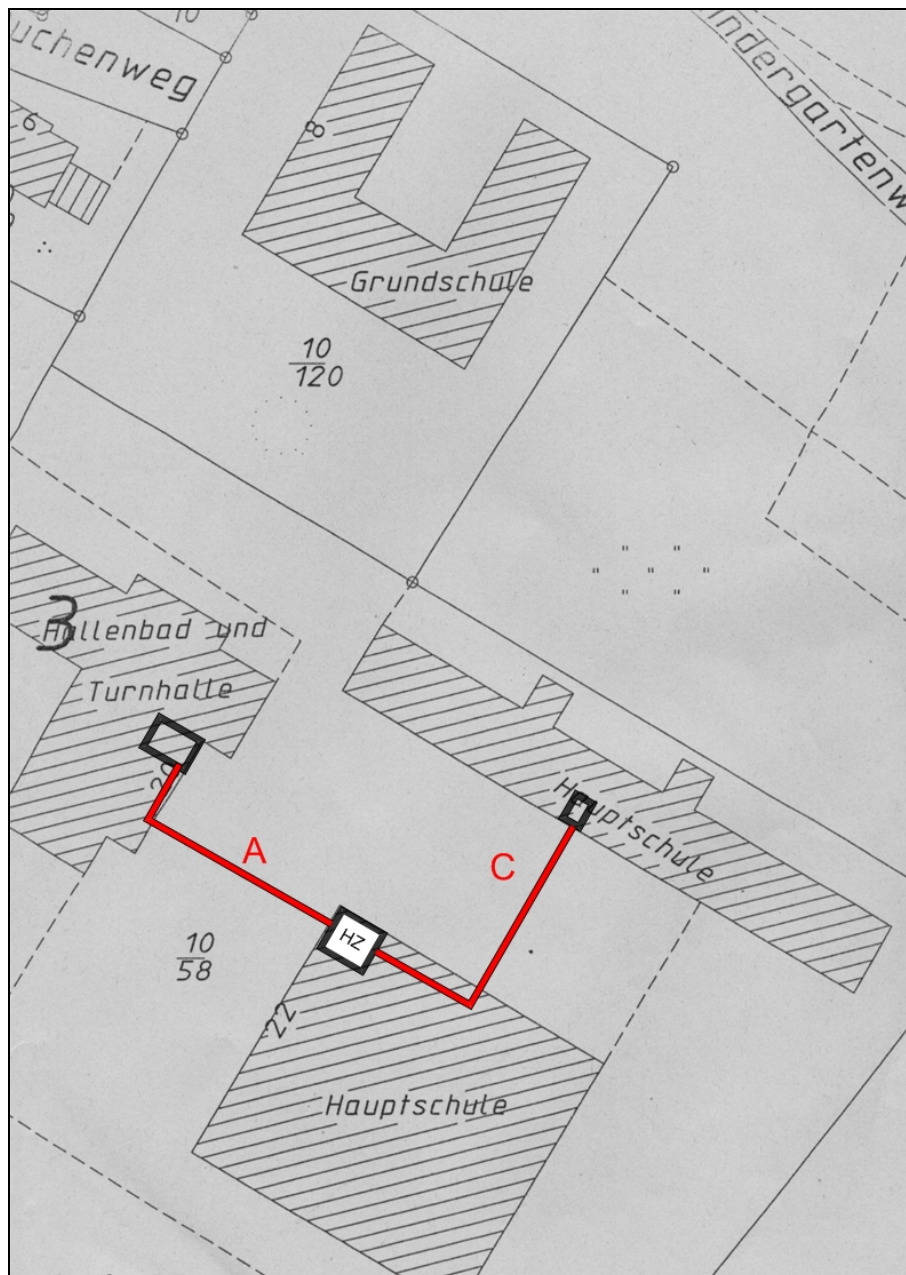


Abbildung 10: Lageplan Variante 1

Wie aus dem Lageplan zu erkennen, soll in der Variante 1 die Versorgung der Regionalschule (I+II) (im Lageplan mit *Hauptschule* bezeichnet) und der Turn- und Schwimmhalle mit Wärme über einen Wärmeverbund untersucht werden. Die zwei Schulgebäude der Regionalschule sind bereits mit einer Wärmeleitung (Strang C) verbunden. Somit ist lediglich die Turn- und Schwimmhalle noch mit einer Leitung

(Strang A) an die neue Heizzentrale anzubinden. Die bereits bestehende Nahwärmeleitung zwischen Haupt- und Nebengebäude der Regionalschule kann aufgrund ihrer geringen Nutzungsdauer weiterhin genutzt werden.

2.3.2. Wärmeverteilung und Kosten der Variante 1

Die Länge der Wärmeleitung, des so genannten Stranges A (siehe Abbildung „Lageplan Variante 1“) beträgt ca. 39 m und kann im bestehenden Verbindungsgang zwischen Regionalschule und Turnhalle verlegt werden. Durch die geringe Länge im Verhältnis zur transportierten Wärmemenge und die geringeren Kosten für die Verlegung der Leitung im umbauten Raum im Vergleich zu einer unterirdischen Leitung ist diese Leitung aus wirtschaftlicher und energetischer Sicht sinnvoll. Dieser Sachverhalt wird auch aus der Kennzahl in MWh/(a*m) ersichtlich, die bei dieser Leitung bei 16 MWh/(a*m) liegt. Im Allgemeinen geht man von einer Wirtschaftlichkeit einer Nahwärmeleitung aus, wenn der Wärmeabsatz bei 1,5 bis 2 kWh/(a*m) liegt. Da die Leitung innerhalb eines Gebäudes liegt, wird diese aber nicht als Nahwärmeleitung angesehen und ist dadurch nicht förderfähig.

Tabelle 3: Nahwärme Variante 1 Grunddaten

Verbindung	Länge in m	Energiefluss MWh/(a*m)
Strang A	39 m	16

Tabelle 4 zeigt die Kosten für die Wärmeleitung der Variante 1.

Tabelle 4: Kosten der Wärmeleitung und deren Komponenten (Variante 1)

Variante 1						
Rohrnetz						
Verbindung	Länge in m	Leistung in kW	Dimension	Leistungsbereich		
Strang A	39 m	190	DN50	70-230 kW		
Kosten der Leitung						
Dimension	Tiefbau	Material	Verlegung	Isolierung	Kosten / m	Kosten
DN 50	- €	147,00 €	11,00 €	15,00 €	173,00 €	6.747,00 €
Dimension	Kosten für 6 Kernbohrungen	Gesamtkosten				
DN 50	270,82 €	7.017,82 €				
Hausübergabestationen						
	Anzahl	Kosten pro Einheit				
Hausübergabestation 190 kW	1	6.000,00 €	6.000,00 €			
Sonstiges Material			1.000,00 €			
Montage			1.680,00 €			
			8.680,00 €			
Pumpen / Ventile / Sicherheitseinrichtungen			4.519,00 €			
		Gesamtkosten		20.216,82 €		

2.3.3. Variante 2

Die Basis für Variante 2 stellt die Variante 1 da. In der Variante 2 wird im Unterschied zur Variante 1 die Anbindung der Grundschule an die Heizzentrale untersucht. Abbildung 11 zeigt dazu den Nahwärmeverbund mit dem Strang B, der in dem Heizraum der Turn- und Schwimmhalle an die Hauptleitung angeschlossen wird.

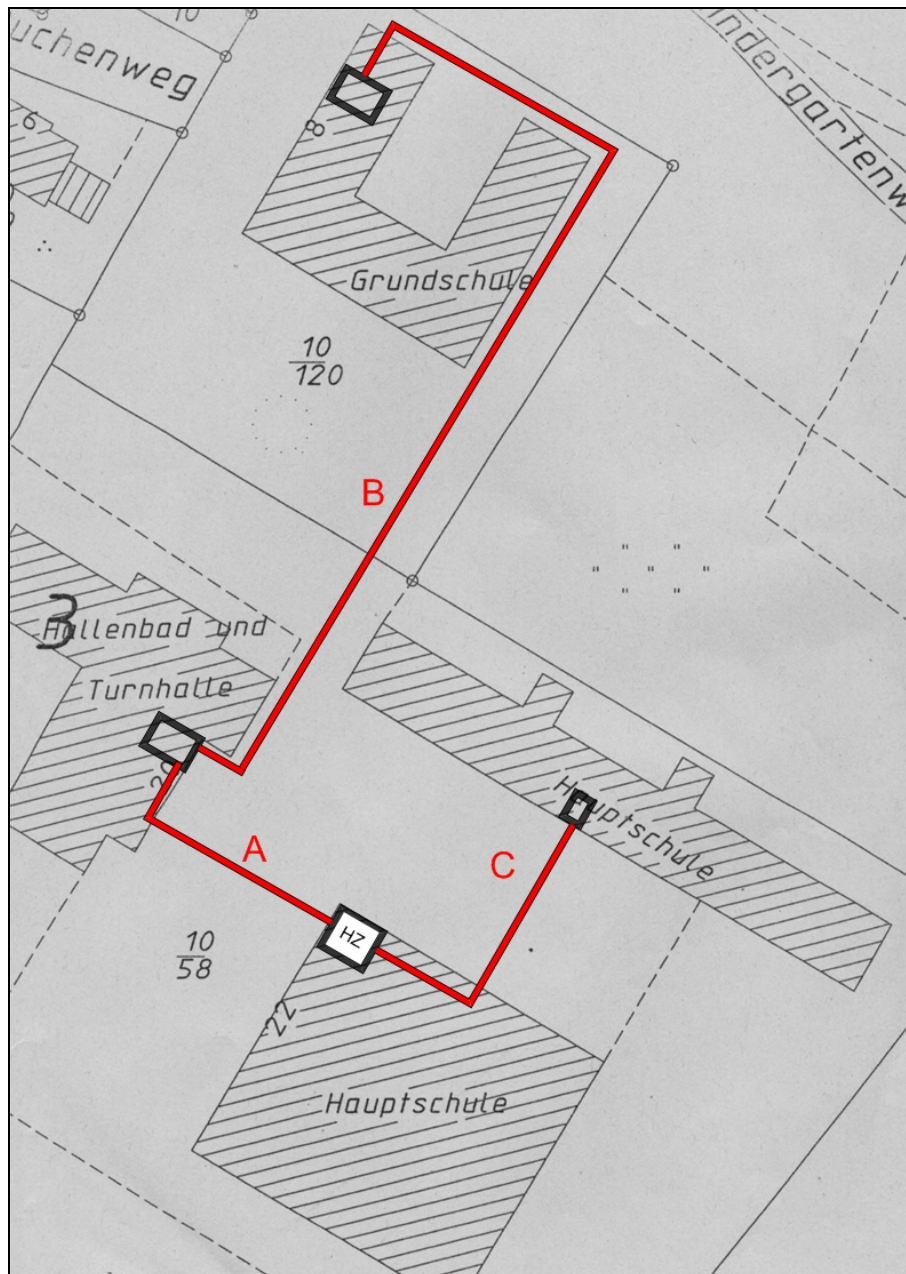


Abbildung 11: Lageplan Variante 2

2.3.4. Wärmeverteilung und Kosten der Variante 2

In diesem Kapitel werden die beiden Stränge A und B betrachtet.

Bei dem Anblick des Lageplanes wird nicht ersichtlich, dass sich die Grundschule auf einem anderen Höheniveau als die Turn- und Schwimmhalle befindet. Diese örtlichen Geländegegebenheiten werden bei der Kalkulation des Stranges B berücksichtigt. Der Mindestwärmeabsatz in $[\text{MWh}/(\text{a} \cdot \text{m})]$ der Leitung B ist zu gering um in das Förderprogramm der KfW-Förderbank² für Nahwärmenetze zu gelangen. Förderfähig sind Rohrleitungen mit einem nachgewiesenen Mindestwärmeabsatz von $1,5 \text{ MWh}/(\text{a} \cdot \text{m})$. Wie aus der Tabelle 5 ersichtlich wird mit dem Strang B nur ein Wärmeabsatz von $0,97 \text{ MWh}/(\text{a} \cdot \text{m})$ erreicht. Der Strang A erfüllt die Anforderung an den Mindestwärmeabsatz, wird jedoch nicht als Nahwärmeleitung angesehen und ist somit ebenfalls nicht förderfähig. Die Kosten für den Strang A sind aufgrund der größeren Dimensionierung bei gleicher Länge höher als in der Variante 1.

Tabelle 5: Nahwärme Variante 2 Grunddaten

Verbindung	Länge[m]	Energiefluss $[\text{MWh}/(\text{a} \cdot \text{m})]$
Strang A	39 m	21
Strang B	162 m	0,97

Die folgende Tabelle zeigt die Kosten für den Wärmeverbund nach Variante 2.

² Programm zur Förderung erneuerbarer Energien; Programmnummer 128; kfw-Förderbank; Online: www.kfw-foerderbank.de

Tabelle 6: Kosten der Wärmeleitungen und deren Komponenten (Variante 2)

Variante 2						
Rohrnetz						
Verbindung	Länge in m	Leistung in kW	Dimension	Leistungsbereich		
Strang A	39 m	325	DN 80	150-480 kW		
Strang B	162 m	135	DN 50	70-230 kW		
Kosten der Leitungen						
	Tiefbau	Material	Verlegung	Isolierung	Kosten / m	Kosten
Strang A		303,00 €	21,00 €	18,00 €	342,00 €	13.338,00 €
Strang B	40,00 €	147,00 €	11,00 €	15,00 €	213,00 €	34.506,00 €
	Kosten der Oberflächenver- derherstellung von 70 m	Kernbohrungen (6Stk)	sonstige Kosten für Baumaßnah- men		Gesamtkosten Rohrleitung	
Strang A		270,82 €	- €		13.608,82 €	
Strang B	5.250,00 €		1.500,00 €		41.256,00 €	
					54.864,82 €	
Hausübergabestationen						
	Anzahl	Kosten/Einheit				
190 kW	1		6.000,00 €			
135 kW	1		5.050,00 €			
Sonstiges Material			2.000,00 €			
Montage			3.360,00 €			
			16.410,00 €			
Hausanschluss Grundschule						
	1	2200	2.200,00 €			
Pumpen / Ventile / Sicherheitseinrichtungen			10.273,00 €		Gesamtsumme 83.747,82 €	

2.4. Nutzung von Biomasse

Im Gegensatz zu einem Austausch der bestehenden Erdgasfeuerungsanlagen soll in diesem Kapitel der Aufbau eines neuen Wärmeerzeugungssystems auf Basis der Biomassenutzung diskutiert werden. In dieser Ausarbeitung werden die beiden regenerativen Brennstoffe Industriepellets und Holzhackschnitzel (*HHS*) erläutert und verglichen.

2.4.1. Brennstoffe

Sowohl für Holz-Industriepellets als auch für Holzhackschnitzel wird eine Lagerstätte benötigt. Da jedoch in der Regionalschule kein geeigneter Raum zur Verfügung steht, ist es notwendig ein Brennstofflager zu errichten.

Es wird ein Lager für die Bevorratung von Holzhackschnitzeln ausgelegt, welches mit einem Schubboden ausgerüstet ist. Vom Brennstofflager aus werden die Holzhackschnitzel von einem Kratzkettenförderer zur Heizanlage transportiert.

Das Pelletlager wird in gleicher Größe, mit der identischen Fördertechnik geplant.

Bei der Beurteilung der Lagerung von Hackschnitzel und Pellets sind die unterschiedliche Schüttdichte und der unterschiedliche Heizwert zu beachten. Dieses bedeutet, dass pro Volumen mehr Energie in Form von Pellets als Hackschnitzel gelagert werden kann. Die Tabelle 7 zeigt hierzu die benötigten Angaben im Vergleich.

Tabelle 7: Brennstoffvergleich Biomasse³

Brennstoffvergleich					Brennstoffmenge		
	Menge / Einheit	Wassergehalt w [%]	Masse inkl. Wasser [kg]	Heizwert bei w [MJ/kg]	[MJ]	[kWh]	Heizölaquiv. [l]
Hackschnitzel:							
Buche, trocken	m ³	15	271	15,3	4113	1148	115
Buche, beschränkt lagerfähig	m ³	30	329	12,1	3991	1109	111
Fichte, trocken	m ³	15	175	15,5	2722	756	76
Fichte, beschränkt lagerfähig	m ³	30	237	12,4	2630	731	73
Durchschnittswert	m ³	22,5	253	13,825	3364	936	93,75
Pellets							
Holzpellets, nach Volumen	m ³	8	600	17	10205	2835	283
Holzpellets, Nach Gewicht	Mg (t)	8	1000	17	17009	4725	472

³ Vgl.: Handbuch Bioenergie-Kleinanlagen, H. Hartmann et al., Februar 2003

Nicht nur die Heizwerte, sondern auch die Preise für die Brennstoffe sind wesentliche Einflussgrößen auf die Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnungen. Die folgende Tabelle zeigt die vereinheitlichten Energiepreise, für die in Frage kommenden Brennstoffe. Diese bilden die Kalkulationsgrundlage für die Berechnungen.

Die Preise der HHS stammen von dem für Jünkerath zuständigen Produktleiter Energieberatung/Biomassemanagement des Forstes Herrn Pinn⁴. Die Pelletpreise sind entsprechend den Angaben der *Hessenmühle*⁵ bei einer Abnahme von 45 m³. Alle Preise verstehen sich ohne MwSt.

Tabelle 8: Brennstoffpreise

Alle Preise ohne MwSt.			
	Stand:	€/kWh	Heizwert
Industriepellets	28.03.2006	0,0339	4,725 kWh/kg
HHS (Forst)	30.03.2006	0,0214	3,7 kWh/kg
Heizöl EL	28.03.2006	0,0482	10 kWh/l
Erdgas	29.03.2006	0,0509	9,722 kWh/m ³

2.4.2. Feuerungsanlagen

In allen Varianten soll durch die Nutzung von Biomasse in Form von Holzhackschnitzel oder Industriepellets der größte Anteil der benötigten Wärmemengen bereitgestellt werden. In der Heizzentrale wird neben der Biomassenfeuerungsanlage auch ein so genannter Spitzenlastkessel installiert werden. Dieser Spitzenlastkessel soll zum einen bei einem Ausfall des Biomassekessels die Grundwärmeversorgung der Gebäude gewährleisten und zum anderen für eine möglichst hohe Anzahl an Volllaststunden des Biomassekessels sorgen. Eine hohe Anzahl an Volllaststunden ist nicht nur betriebswirtschaftlich, sondern auch aus Sicht des Emissionsverhaltens po-

⁴ Produktleiter Energieberatung/Biomassemanagement, Gebietsreferat Eifel, Forstamt Hillesheim, Herr Pinn Wiesbaum

⁵ Hessenmühle, Jürgen Kreckel eK, 56459 Gemünden, Tel. 02663/91051-0 Abnahme 45 m³ (1 LKW),

sitiv zu bewerten. Mit einer großen Auslastung der Feuerungsanlage verringert sich die Anzahl an Startphasen der Anlage, die bei Biomassefeuerungsanlage zu erhöhten Emissionen führen. Aus dem gleichen Grund werden für die Biomasseanlage Pufferspeicher mit einem Volumen von 5000 Liter eingeplant.

In der Variante 1 wird die Grundschule separat durch eine Feuerungsanlage, genauer durch einen neuen Niedertemperaturkessel mit Gasgebläsebrenner mit der benötigten Wärmemenge beliefert. Die anderen Gebäude werden über die Heizzentrale mit Wärme versorgt.

In beiden Varianten wird die Leistung der Biomassefeuerungsanlage und des Spitzenlastkessels zu jeweils ca. 50% aufgeteilt, siehe auch Tabelle 9 und Tabelle 10. Dabei soll der Biomassekessel 80% und der Spitzenlastkessel den Rest von 20% des Heizenergiebedarfes abdecken. Durch diese Aufteilung der Wärmebereitstellung (80 / 20) ist der Betrieb des Spitzenlastkessels i. d. R. nur einige Wochen bzw. Monate witterungsbedingt notwendig. Aus diesem Grunde wiederum sollte der Spitzenlastkessel in beiden Varianten mit dem Brennstoff Heizöl EL betrieben werden, um fixe Kosten für den Gasanschluss einzusparen.

Folgendes Beispiel verdeutlicht den Zusammenhang:

Würde der Spitzenlastkessel in Variante 2 mit 350 kW Leistung als Gaskessel ausgeführt, entstehen für den Gasanschluss monatliche Kosten in Höhe von 247 €. Über die Nutzungsdauer der Feuerungsanlage von 20 Jahren würden die Kosten für den Gasanschluss 59.280 € betragen. Diesen Kosten stehen die einmalige Investition von 14.086 € für das Heizöllager gegenüber. Um die Kosten vergleichbar gegenüber zu stellen wird die einmalige Investition mit Hilfe der Annuitäten Methoden berechnet. Als Zinssatz werden 4% über die Laufzeit von 20 Jahren angenommen. Daraus ergeben sich jährliche Kosten von 1.062,38 € und über den Zeitraum von 20 Jahren kumulierte Kosten in Höhe von 21.247,69 € für die Öllagerung inklusive Wartung und Instandhaltung.

Die nachstehenden Tabellen zeigen die Aufteilung der Wärmebereitstellung der Kessel sowie den Raumbedarf von Pellets im Jahresvergleich zu HHS.

Tabelle 9: Aufteilung der Wärmebereitstellung Variante 1

Wärmeerzeugungskonzept für Variante 1				
	Energiebedarf	Leistungsverteilung	Wärmebereitstellung	Vollbenutzungsstunden
Gesamtbrennstoffbedarf	1.285.621 kWh	685 kW	100%	
Biomassekessel	910.083 kWh	300 kW	80%	3034 h
Spitzenlastkessel	227.521 kWh	250 kW	20%	910 h
Grundschule	148.017 kWh	135 kW	Grundschule	
	Brennstoff	Menge		
	Pellets	321 m³		
	HHS	972 m³		
	Heizöl (Spitzenlast)	22.752 l		
	Erdgas	15.225 m³		

Tabelle 10: Aufteilung der Wärmebereitstellung Variante 2

Wärmeerzeugungskonzept für Variante 2				
	Energiebedarf	Leistungsverteilung	Wärmebereitstellung	Vollbenutzungsstunden
Gesamtbrennstoffbedarf	1.308.563 kWh	700 kW	100%	
Biomassekessel	1.046.851 kWh	350 kW	80%	2991 h
Spitzenlastkessel	261.713 kWh	350 kW	20%	748 h
	Brennstoff	Menge		
	Pellets	369 m³		
	HHS	1.118 m³		
	Heizöl (Spitzenlast)	26.171 l		

2.4.3. Brennstofflager

Wie bereits erwähnt gibt es für die Lagerung von Industriepellets und Holzhackschnitzel unterschiedliche Anforderungen an den Raumbedarf. Aus Gründen der Versorgungssicherheit der Gebäude mit Wärme wurde das HHS-Brennstofflager (auch auf Wunsch der Verbandsgemeinde) so ausgelegt, dass auch ohne Lieferung von Holzhackschnitzel bei einem vollen Lager unter Volllast der Feuerungsanlage (24h/Tag) eine Versorgung mit Wärme noch mindestens 1 Woche gewährleistet werden kann. Darüber hinaus sollte darauf geachtet werden, dass das Lager bei Hack-

schnitzelnutzung in der Lage ist min. $2 \times 40 \text{ m}^3$ aufzunehmen, um eine Anlieferung durch einen Schlepper mit 2 Containern mit je 40 m^3 zu ermöglichen. Da die Hackschnitzel beim Abladen dazu neigen, sich zu einem Haufen zu bilden muss das Lager in der Praxis größer ausgelegt sein als 80 m^3 .

Die Brennstoffaustragung aus dem Lager erfolgt mittels Schubböden, für den Transportweg vom Lager zur Feuerungsanlage ist ein Kratzkettenförderer vorgesehen.

Die Nutzung eines Kratzkettenförderers ist kostenintensiver in der Investition als der HHS Transport mit Förderschnecken. Er bietet jedoch einen störungsärmeren Betrieb und ein breiteres Spektrum was den Brennstoff angeht. Mit einem Kratzkettenförderer können Hackschnitzel unterschiedlichster Kantenlängen und Breiten transportiert werden. Daher ist es unproblematisch Waldhackschnitzel oder HHS minderer Qualität zu verbrennen, was sich kostengünstig auf die Brennstoffbeschaffung auswirkt.

Bei Industriepellets als Brennstoff kann auch bei einem kleineren Lager die Wärmeversorgung (augrund des höheren Heizwertes pro Raumeinheit) über einen längeren Zeitraum sichergestellt werden. Das Pelletlager wird jedoch in gleicher Größe, mit der identischen Fördertechnik geplant. Eine Umstellung auf Hackschnitzel ist daher im Nachhinein möglich. Sollte die Detailplanung im Späteren vorsehen ausschließlich Pellets zu nutzen, können Förderschnecken Anstatt Schubboden und Kratzkettenförderer eingesetzt werden. Dieses wird die Investitionskosten senken aber auch das Brennstoffspektrum der Anlage einschränken.

Für beide Brennstoffe wurde die gleiche Dimension des Lagers gewählt. Folgende Tabelle zeigt den Brennstoffbedarf bei einem Betrieb der Feuerungsanlagen rund um die Uhr (24h/Tag).

Tabelle 11: Auslegung der Brennstofflager

Auslegung Brennstofflager				
Variante 1				
Brennstoff	Kesselleistung	Größe des Lagers	Energieinhalt des vollen Brennstofflagers	Tage (Ununterbrochenen Betriebs)
HHS	300 KW	102 m ³	95.209 kWh	13
Industrie-Pellets	300 KW	102 m ³	289.170 kWh	40
Variante 2				
Brennstoff	Kesselleistung	Größe des Lagers	Energieinhalt des vollen Brennstofflagers	Tage (Ununterbrochenen Betriebs)
HHS	350 KW	102 m ³	95.209 kWh	11
Industrie-Pellets	350 KW	102 m ³	289.170 kWh	34

Bei der Betrachtung der Versorgungssicherheit sind auch die dafür vorgesehenen Spitzenlastkessel zu beachten. Denn in Tabelle 11 werden nur die Betriebstage der Biomassefeuerungsanlagen dargestellt. Durch die Unterstützung der jeweiligen Spitzenlastkessel ist mit einer längeren Wärmeversorgung, auch in einem sehr kalten Monat zu rechnen.

Für die Errichtung des Brennstofflagers ist der Teil des Schulhofes unmittelbar vor dem Heizraum vorgesehen. Die Maße des Lagers können der folgenden Tabelle entnommen werden.

Tabelle 12: Maße des Brennstofflagers

	Einheit
Länge der Seitenwand	8 m
Breite der Seitenwand	4 m
Höhe der Seitenwand	4 m
Stärke der Mauer	0,25 m
Lagervolumen	102 m ³

Die folgende Abbildung zeigt die Größe des Biomasselagers in Jünkerath mit einer Länge von 8 m und 4 m Breite.

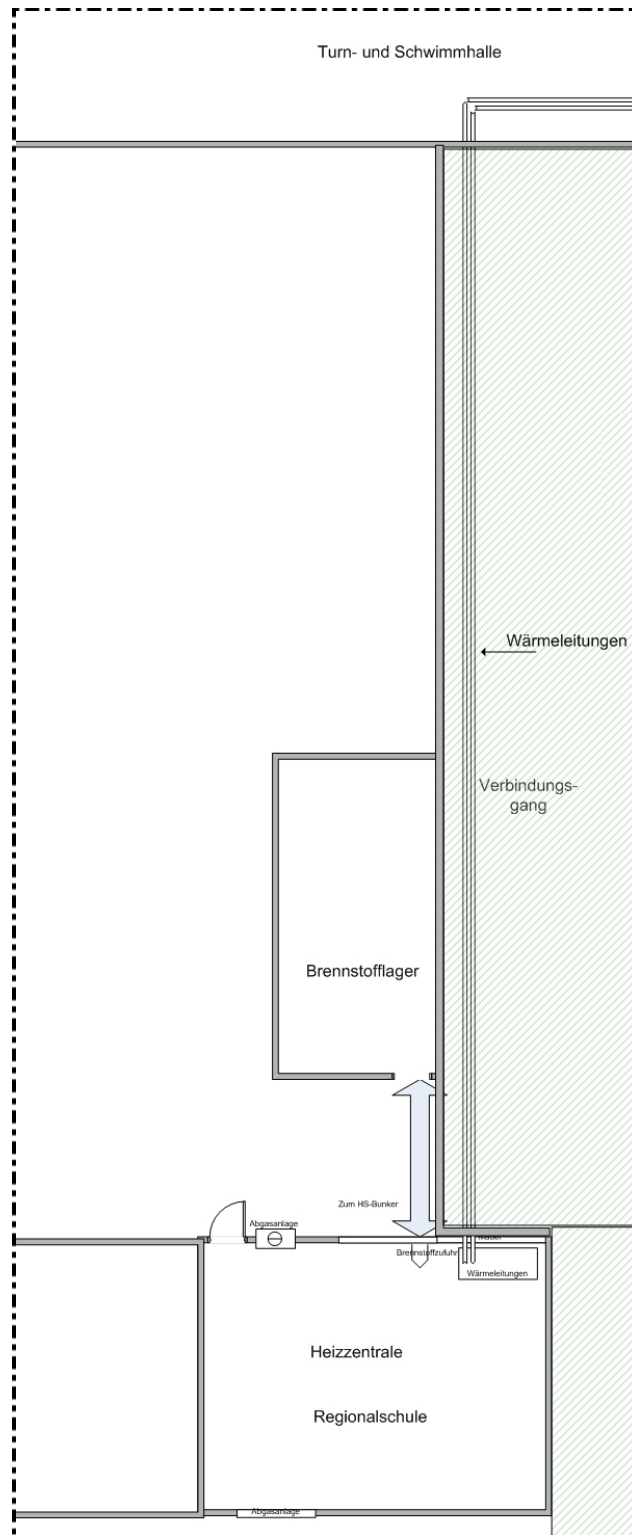


Abbildung 12: Biomasselager

Durch das unterschiedliche Höhenniveau von 4 m der beiden Schulhöfe kann das Lager von oben mit einem Lkw befüllt werden. Dazu befindet sich ein großflächiger

Deckel auf dem Lager. Der LKW kann nach Angaben der Verbandsgemeinde den Schulhof, mit dem sich darunter liegenden Verbindungsgang, voraussichtlich befahren und somit den Brennstoff einbringen. Eine vorherige Prüfung der Statik des Verbindungsganges und deren Bestätigung durch einen Fachplaner ist jedoch in jedem Fall notwendig.

Der Heizöllagererraum für das Heizöl des Spitzenlastkessels wird im dem Verbindungsstück zwischen Regionalschule und Turn-/Schwimmhalle untergebracht. Die Kunststoff-Batterietanks mit einem Gesamtvolumen von 30.000 Liter sind für den Brennstoffbedarf von ca. einem Jahr ausgelegt.

Der Abstand des Brennstofflagers von 4 m zur Heizzentrale wurde so gewählt, um den Biomassekessel problemlos in die Heizzentrale einbringen und austauschen zu können.

2.4.4. Heizzentrale

Der Biomassekessel, der für die Kostenermittlung heran gezogen wurde, ist in der Lage sowohl Holzpellets als auch Holzhackschnitzel zu verbrennen. Er soll im Heizraum der Regionalschule I untergebracht werden. Dazu zeigt Abbildung 13 eine mögliche Gestaltung der Heizzentrale. Der Biomassekessel in der Heizzentrale kann aufgrund des genutzten Brennstoffes und des Abgasmassenstromes den bestehenden Kamin der Heizzentrale nicht nutzen.⁶ Deshalb wurden Kosten für einen neuen Kamin zum Ansatz gebracht der an der Fassade der Regionalschule installiert und über das Dach geführt wird.

Der Spitzenlastkessel kann an einen der vorhandenen Schornsteine angeschlossen werden.⁷

Um den Kessel in den Heizraum zu befördern sind Durchbrüche im Türbereich und eine neue Tür notwendig. Diese Kosten und weitere Kosten für das Aufstellen des

⁶ Absprache mit zuständigen BSM, Herr Fischer und Mitarbeiter der Fa. Förster GmbH, Herr A. Förster.

⁷ Nach Berechnungen der Fa. Förster GmbH.

Kessels werden in der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung unter dem Posten „Baumaßnahmen und Hilfsmittel“ berücksichtigt. Ein Biomassekessel mit einer Leistung von 350 kW benötigt eine Höhe von knapp 3 m die in der Heizzentrale mit 3,73 m gegeben ist. Der Heizungssteuerschrank im Heizraum muss ebenfalls versetzt werden, damit durch diesen Wandabschnitt die Brennstoffzuführung erfolgen kann. Um einen Überblick über die neue Heizzentrale zu vermitteln wird in der folgenden Skizze die Heizzentrale mit Kessel und Gebäudetechnik dargestellt. Darüber hinaus zeigt die Abbildung die Anbindung an die Brennstoffbevorratung und das Biomasselager selbst.

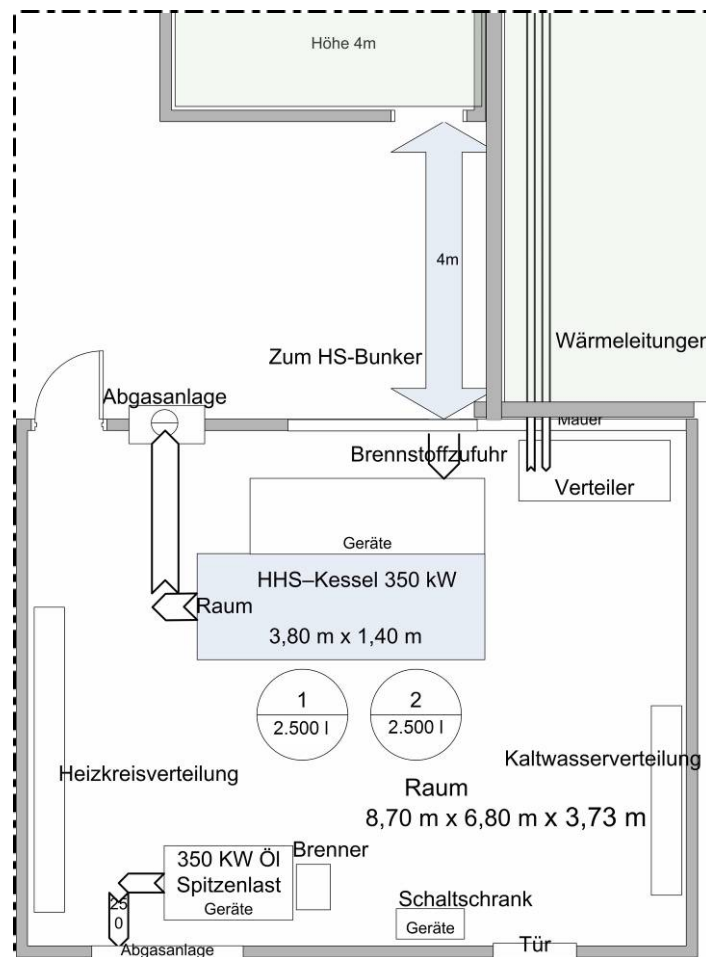


Abbildung 13: Skizze Heizzentrale und Biomasselager

2.5. Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

In diesem Kapitel werden die Wirtschaftlichkeitsberechnungen für das neue Wärmeversorgungssystem des Schulnetzes in Jünkerath dargestellt und erläutert.

2.5.1. Methodik

Die jeweiligen Wirtschaftlichkeitsberechnungen wurden nach der Annuitätenmethode berechnet. Für die Berechnung des Annuitätenfaktors wurde ein Zinssatz von 4,5% angenommen, bei einer Laufzeit entsprechend der angenommenen durchschnittlichen Anlagenutzungsdauer von 20 Jahren. Die Wirtschaftlichkeitsberechnung vereinheitlicht alle Kostenarten, um so am Ende einen Vergleich der verschiedenen Varianten zu ermöglichen. Dafür wird die Kennzahl Nutzenergiebereitstellung in €/kWh gebildet.

2.5.2. Wirtschaftlichkeitsberechnungen Dezentral

Tabelle 13: Wirtschaftlichkeitsberechnung Dezentral Teil A

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Dezentral

Kesselleistung insgesamt	700 kW
Brennstoffbedarf	1.222.088 kWh/a
Nutzenergie	1.038.774 kWh/a

Investitionskosten	Erdgas - Dezentral
Kessel 1 Erdgas Turn- und Schwimmhalle	17.455,36 €
Neue Brauchwasserspeicher Turn- und Schwimmhalle	4.412,00 €
Kessel 2 Erdgas Grundschule	14.146,76 €
Kessel 3 + 4 Erdgas Regionalschule	34.910,72 €
Alle Kessel inklusive Montage / Inbetriebnahme / Lieferung	
Zwischensumme	70.924,84 €
Planungskosten	7.092,48 €
Investitionssumme	78.017,32 €
Investitionssumme inklusive MwSt.	90.500,10 €
Nutzungsdauer in Jahren	20
Zinssatz	4,50%
Annuitätenfaktor	0,0769
Summe Kapitalgebundene Kosten €/Jahr	5.997,67 €
Kosten inklusive 16% MwSt €/Jahr	6.957,30 €

Tabelle 14: Wirtschaftlichkeitsberechnung Dezentral Teil B

Verbrauchsgebundene Kosten	
Brennstoff	Erdgas - Dezentral
Brennstoffeinsatz kWh/Jahr	1.222,088
spezifische Brennstoffkosten €/kWh	0,0509
Brennstoffkosten pro/Jahr	62.240,92 €
Kosten inklusive 16% MwSt	72.199,46 €
Hilfsenergie (Strom) kWh/Jahr	8.555 kWh
Kosten für Hilfsenergie €/Jahr	1.454,28 €
Kosten inklusive 16% MwSt	1.686,97 €
Summe in €/Jahr	63.695,20 €
Kosten inklusive MwSt	73.886,43 €
Betriebsgebundene Kosten	
	Erdgas - Dezentral
Gaszähler Mietpreis € / Jahr	4.944,00 €
Wartung/Instandhaltung Kessel €/Jahr	436,38 €
Schornsteinfegerkosten (Reinigung+Messung) €/a	270,04 €
Summe in €/Jahr	5.650,43 €
Kosten inklusive 16% MwSt	6.554,49 €
Inklusive MwSt	Erdgas - Dezentral
Summe jährliche Gesamtkosten €/a	87.398,23 €
Kosten der Nutzenergiebereitstellung €/kWh	0,0841 €/kWh

2.5.3. Wirtschaftlichkeitsberechnungen Variante 1

Tabelle 15: Wirtschaftlichkeitsberechnung Variante 1 Teil A

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Variante 1

Kesselleistung insgesamt	550 kWohne Grundschule
davon Kesselleistung Biomasse	300 kW
Brennstoffbedarf	1.285.621 kWh/a
Nutzenergie	1.092.778 kWh/a
Biomasse Kessel (Wärmeerzeugung 80%)	910.083 kWh
Spitzenlastkessel Heizöl	227.521 kWh
Gaskessel Grundschule	148.017 kWh

Investitionskosten	Variante 1 HHS	Variante 1 Pellets
Wärmeleitung	20.216,82 €	20.216,82 €
Kessel Biomasse	38.549,50 €	38.549,50 €
Kessel 1 Fossil Spitzenlast	17.782,76 €	17.782,76 €
Kessel 2 Fossil Grundschule	14.146,76 €	14.146,76 €
Schaltschrank	7.200,00 €	7.200,00 €
Raumaustragung + Kesselanbindung	40.000,00 €	40.000,00 €
Brennstofflagerraum Biomasse	24.983,85 €	24.983,85 €
Brennstofflagerraum Heizöl	14.086,00 €	14.086,00 €
Abgasanlage	7.743,05 €	7.743,05 €
Pufferspeicher/ Hydraulische Weiche	5.060,00 €	5.060,00 €
Neue Brauchwasserspeicher Turn- und Schwimmhalle	4.412,00 €	4.412,00 €
Ladepumpen Wasserspeicher / Ausdehnungsgefäße	5.212,00 €	5.212,00 €
Inbetriebnahme/Montage/Lieferung Biomassekessel	10.000,00 €	10.000,00 €
Baumaßnahmen und Hilfsmittel ^A	7.230,00 €	7.230,00 €
Zwischensumme 1	216.622,74 €	216.622,74 €
Förderungen Kessel	-18.000,00 €	-18.000,00 €
Zwischensumme 2	198.622,74 €	198.622,74 €
Planungskosten	21.662,27 €	21.662,27 €
Investitionssumme	220.285,02 €	220.285,02 €
Investitionssumme inklusive MwSt.	255.530,62 €	255.530,62 €
Nutzungsdauer in Jahren	20	20
Zinssatz	4,50%	4,50%
Annuitätenfaktor	0,0769	0,0769
Summe Kapitalgebundene Kosten €/Jahr	16.934,66 €	16.934,66 €
Kosten inklusive 16% MwSt. €/Jahr	19.644,21 €	19.644,21 €

Tabelle 16: Wirtschaftlichkeitsberechnung Variante 1 Teil B

Verbrauchsgebundenen Kosten				
Brennstoff	Holzhackschnitzel	Industriepellets	Heizöl Spitzenlast	Erdgas Grundschule
Brennstoffeinsatz kWh/Jahr	910.083	910.083	227.521	148.017
spezifische Brennstoffkosten €/kWh	0,0214	0,0339	0,0482	0,0509
Brennstoffkosten pro/Jahr	19.446,21 €	30.817,61 €	10.959,67 €	7.538,52 €
Kosten inklusive 16% bzw. 7% MwSt.	20.807,45 €	32.974,85 €	12.713,22 €	8.744,68 €
Hilfsenergie (Strom) kWh/Jahr	10.921 kWh	10.921 kWh	1.593 kWh	1.036 kWh
Kosten für Hilfsenergie €/Jahr	1.092,10 €	1.092,10 €	159,26 €	103,61 €
Kosten inklusive 16% MwSt.	1.266,84 €	1.266,84 €	184,75 €	120,19 €
Summe in €/Jahr	20.538,31 €	31.909,71 €	11.118,94 €	7.642,13 €
Kosten inklusive MwSt.	22.074,28 €	34.241,68 €	12.897,96 €	8.864,87 €

Betriebsgebundene Kosten		
	Variante 1 HHS	Variante 1 Pellets
Gaszähler Mietpreis € /Jahr	2.964,60 €	2.964,60 €
Wartung/Instandhaltung Biomassekessel €/Jahr	1.541,98 €	1.541,98 €
Wartung/Instandhaltung Kessel Fossil €/Jahr	798,24 €	798,24 €
Wartung/Instandhaltung Nahwärmenetz €/Jahr	404,34 €	404,34 €
Wartung/Instandhaltung Pufferspeicher €/Jahr	101,20 €	101,20 €
Wartung/Instandhaltung baul. Einrichtungen €/Jahr	249,84 €	249,84 €
Schornsteinfegerkosten (Reinigung+Messung) €/a	305,86 €	305,86 €
Personalkosten ^c €/Jahr	4.900,00 €	2.450,00 €
Summe in €/Jahr	11.266,05 €	8.816,05 €
Kosten inklusive 16% MwSt.	13.068,62 €	10.226,62 €
Inklusive MwSt.	Variante 1 HHS	Variante 1 Pellets
Summe jährliche Gesamtkosten €/a	76.549,94 €	85.875,35 €
Kosten der Nutzenergiebereitstellung €/kWh	0,0701 €/kWh	0,0786 €/kWh

2.5.4. Wirtschaftlichkeitsberechnungen Variante 2

Tabelle 17: Wirtschaftlichkeitsberechnung Variante 2 Teil A

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Variante 2

Kesselleistung insgesamt	700 kW
davon Kesselleistung Biomasse	350 kW
Brennstoffbedarf	1.308.563 kWh/a
Nutzenergie	1.112.279 kWh/a
Biomasse Kessel (Wärmeerzeugung 80%)	1.046.851 kWh
Spitzenlastkessel Heizöl	261.713 kWh

Investitionskosten	Variante 2 HHS	Variante 2 Pellets
Nahwärmenetz komplett	83.747,82 €	83.747,82 €
Kessel Biomasse	42.228,00 €	42.228,00 €
Kessel 1 Fossil Spitzenlast	25.309,36 €	25.309,36 €
Schaltschrank	7.200,00 €	7.200,00 €
Raumaustragung + Kesselanbindung	40.000,00 €	40.000,00 €
Brennstofflagerraum Biomasse	24.983,85 €	24.983,85 €
Brennstofflagerraum Heizöl	14.086,00 €	14.086,00 €
Abgasanlage	7.743,05 €	7.743,05 €
Pufferspeicher/ Hydraulische Weiche	5.060,00 €	5.060,00 €
Neue Brauchwasserspeicher Turn- und Schwimmhalle	4.412,00 €	4.412,00 €
Ladepumpen Wasserspeicher / Ausdehnungsgefäße	5.212,00 €	5.212,00 €
Inbetriebnahme/Montage/Lieferung Biomassekessel	10.000,00 €	10.000,00 €
Baumaßnahmen und Hilfsmittel ^A	7.230,00 €	7.230,00 €
Zwischensumme 1	277.212,08 €	277.212,08 €
Förderungen Kessel	-21.000,00 €	-21.000,00 €
Zwischensumme 2	256.212,08 €	256.212,08 €
Planungskosten	27.721,21 €	27.721,21 €
Investitionssumme	283.933,29 €	283.933,29 €
Investitionssumme inklusive MwSt.	329.362,62 €	329.362,62 €
Nutzungsdauer in Jahren	20	20
Zinssatz	4,50%	4,50%
Annuitätenfaktor	0,0769	0,0769
Summe Kapitalgebundene Kosten €/Jahr	21.827,70 €	21.827,70 €
Kosten inklusive 16% MwSt. €/Jahr	25.320,13 €	25.320,13 €

Tabelle 18: Wirtschaftlichkeitsberechnung Variante 2 Teil B

Verbrauchsgebundenen Kosten			
Brennstoff	Holzhackschnitzel	Industriepellets	Heizöl Spitzenlast
Brennstoffeinsatz kWh/Jahr	1.046.851	1.046.851	261.713
spezifische Brennstoffkosten €/kWh	0,0214	0,0339	0,0482
Brennstoffkosten pro/Jahr	22.368,60 €	35.448,91 €	12.606,70 €
Kosten inklusive 16% bzw. 7% MwSt	23.934,41 €	37.930,33 €	14.623,77 €
Hilfsenergie (Strom) kWh/Jahr	12.562 kWh	12.562 kWh	1.832 kWh
Kosten für Hilfsenergie €/Jahr	2.235,58 €	2.235,58 €	311,44 €
Kosten inklusive 16% MwSt	2.593,27 €	2.593,27 €	361,27 €
Summe in €/Jahr	24.604,18 €	37.684,49 €	12.918,14 €
Kosten inklusive MwSt	26.527,67 €	40.523,60 €	14.985,04 €

Betriebsgebundene Kosten		
	Variante 2 HHS	Variante 2 Pellets
Wartung/Instandhaltung Biomassekessel €/Jahr	1.689,12 €	1.689,12 €
Wartung/Instandhaltung Kessel Fossil €/Jahr	632,73 €	632,73 €
Wartung/Instandhaltung Nahwärmenetz €/Jahr	1.674,96 €	1.674,96 €
Wartung/Instandhaltung Pufferspeicher €/Jahr	101,20 €	101,20 €
Wartung/Instandhaltung baul. Einrichtungen €/Jahr	249,84 €	249,84 €
Schornsteinfegerkosten (Reinigung+Messung) €/a	243,55 €	243,55 €
Personalkosten ^c €/Jahr	4.900,00 €	2.450,00 €
Summe in €/Jahr	9.491,40 €	7.041,40 €
Kosten inklusive 16% MwSt	11.010,03 €	8.168,03 €
Inklusive MwSt	Variante 2 HHS	Variante 2 Pellets
Summe jährliche Gesamtkosten €/a	77.842,87 €	88.996,79 €
Kosten der Nutzenergiebereitstellung €/kWh	0,0700 €/kWh	0,0800 €/kWh

2.5.5. Ergebnisdiskussion

Die folgende Tabelle 19 zeigt die Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnungen, welche in Abbildung 14 teilweise auch grafisch dargestellt sind.

Tabelle 19: Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnungen

Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnungen					
	Variante 1 (Holzgrundlast, Ölspitze, Gaskessel Grundschule)		Variante 2 (Holzgrundlast, Ölspitze)		Dezentral (Gas-anlagen)
Grundlast	HHS	Pellets	HHS	Pellets	Erdgas
Investitionskosten	255.530,62 €	255.530,62 €	329.362,62 €	329.362,62 €	90.500,10 €
Kapitalgebundene Kosten	19.644,21 €/a	19.644,21 €/a	25.320,13 €/a	25.320,13 €/a	6.957,30 €/a
Verbrauchsgebunden Kosten	43.837,12 €/a	56.004,52 €/a	41.512,71 €/a	55.508,64 €/a	73.886,43 €/a
Betriebsgebundene Kosten	13.068,62 €/a	10.226,62 €/a	11.010,03 €/a	8.168,03 €/a	6.554,49 €/a
Summe jährliche Gesamtkosten	76.549,94 €/a	85.875,35 €/a	77.842,87 €/a	88.996,79 €/a	87.398,23 €/a
Kosten der Nutzenergiebereitstellung	0,0701 €/kWh	0,0786 €/kWh	0,0700 €/kWh	0,0800 €/kWh	0,0841 €/kWh
Wärmekosten über 20 Jahre alle Kosten brutto	1.530.998,90 €	1.717.506,93 €	1.556.857,31 €	1.779.935,88 €	1.747.964,55 €

Die kapitalgebunden Kosten für die dezentrale Lösung sind wesentlich geringer als die von den beiden Varianten 1 und 2. Dies lässt sich im Wesentlichen durch die hohen Investitionskosten für Wärmeleitung, Brennstofflager und Biomassefeuerung erklären.

Die Summen der verbrauchsgebundenen Kosten ergeben sich durch die unterschiedlich hohen Brennstoffpreise. Wobei die dezentrale Lösung die höchsten jährlichen Kosten aufzeigt. Die verbrauchsgebundenen Kosten der Variante 1 liegen im Vergleich zu der Variante 2 höher. Dies ist auf den hohen Brennstoffpreis für Erdgas für den separaten Kessel der Grundschule zurückzuführen.

Bei den betriebsgebundenen Kosten ist auch zu beachten, dass für die beiden Varianten 1 und 2 in Abhängigkeit des Brennstoffes Personalkosten mit berücksichtigt worden sind. Diese Personalkosten von 4.900 € für die HHS-Anlagen und 2.450 € für die Pelletsfeuerung sind hauptsächlich für die Ascheaustragung und Reinigung der Anlage angesetzt worden. Kann die Arbeit von dem Hausmeister übernommen werden, so würde sich dies positiv auf die Kosten der Nutzenergiebereitstellung auswirken. Die hohen Betriebskosten für die Erdgaskessel der Dezentralen Lösung werden zum Großteil von der hohen Grundgebühr des Gasanschlusses verursacht.

Der niedrigste Wärmepreis wird mit 7 Cent/kWh in der Variante 1 (7,01 Cent/kWh) und Variante 2 (7 Cent/kWh) jeweils mit dem Hauptbrennstoff HHS erreicht. Im Vergleich dazu ist die gleiche Variante mit dem Hauptbrennstoff Industriepellets um 0,85 Cent/kWh in Variante 1 und um 1 Cent/kWh in Variante 2 teurer. Die dezentrale Lösung ist im Vergleich zu beiden Holzhackschnitzel-Varianten um ca. 1,4 Cent/kWh teurer.

Daraus ergibt sich, dass die Varianten 1 und 2 günstiger sind als die dezentrale Lösung mit Erdgas. Bei den beiden regenerativen Varianten zeigt sich, dass sich der Brennstoff Holzhackschnitzel (HHS) als der preiswertere holzartige Brennstoff darstellt. Die mit Industriepellets befeuerte Anlage in Variante 1 ist günstiger als in Variante 2. Die beiden Holzhackschnitzel Feuerungsanlagen in Variante 1 und Variante 2 kommen fast exakt auf dieselben Kosten für die Nutzenergiebereitstellung. Die Variante 2 mit der Anbindung der Grundschule an das Wärmeverteilungssystem und dem Hauptbrennstoff Holzhackschnitzel ist geringfügig günstiger als die Variante 1 mit ebenfalls HHS als Hauptbrennstoff. Zu beachten ist jedoch, dass sich die beiden Varianten in der Höhe der Investitionskosten unterscheiden. Für Variante 2 sind die Investitionskosten um ca. 22 % höher, dieses lässt sich durch die höheren Investi-

onskosten für die Wärmeverteilung erklären. Darüber hinaus ist eine längere Nahwärmeleitung mit größeren Risiken verbunden. Jedoch sind entsprechend die Verbrauchgebunden und Betriebsgebundenen Kosten in der Variante 2 günstiger.

Die beiden preiswertesten Varianten sind daher die Variante 1 und Variante 2 jeweils mit der Holzhackschnitzel Feuerungsanlage. Wird, bei gleich bleibenden Energieträgerpreisen, diese beiden Varianten mit Holzhackschnitzel als Brennstoff realisiert so können ca. 217.000 € durch Variante 2 und 191.000 € durch Variante 1 im Vergleich zur dezentralen Lösung (Erdgas) innerhalb der durchschnittlichen Nutzungsdauer von 20 Jahre eingespart werden. Im Vergleich untereinander wird ersichtlich, dass trotz annähernd gleichen Kosten der Nutzenergiebereitstellung durch die Realisierung der Variante 2 ca. 26.000 € (= 217.000 € - 191.000 €) gegenüber Variante 1 mehr eingespart werden kann.

Bei Betrachtung der günstigsten Pelletvariante (Variante 1) im Vergleich zur dezentralen Lösung können innerhalb der Nutzungsdauer noch ca. 30.500 € eingespart werden.

Die Handlungsempfehlung für das Wärmeversorgungs- und Bereitstellungssystem für das Schulzentrum Jünkerath geht an die Variante 2, unter Verwendung von Holzhackschnitzel als Hauptbrennstoff und Heizöl für die Spitzenlastabdeckung. Da diese Variante aus ökonomischer Sichtweise mit Variante 1 (Holzhackschnitzel) die günstigste Variante darstellt und aus ökologischer Sichtweise den höheren Einsatz an erneuerbarer Energie aufweist. Durch diesen höheren Einsatz des „CO₂-Neutralen“ Brennstoffes Holz wird das gesamte Schulzentrum zum Großteil (80%) mit Wärme versorgt und dadurch große Mengen des Treibhausgases CO₂ eingespart.

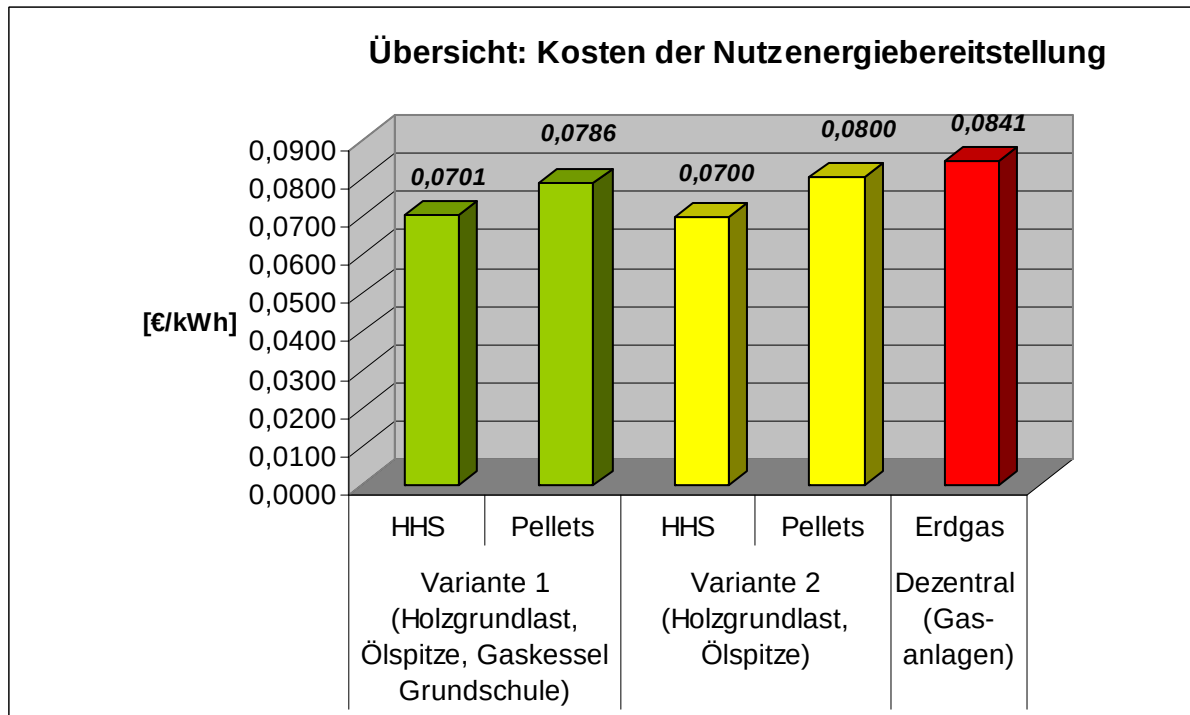
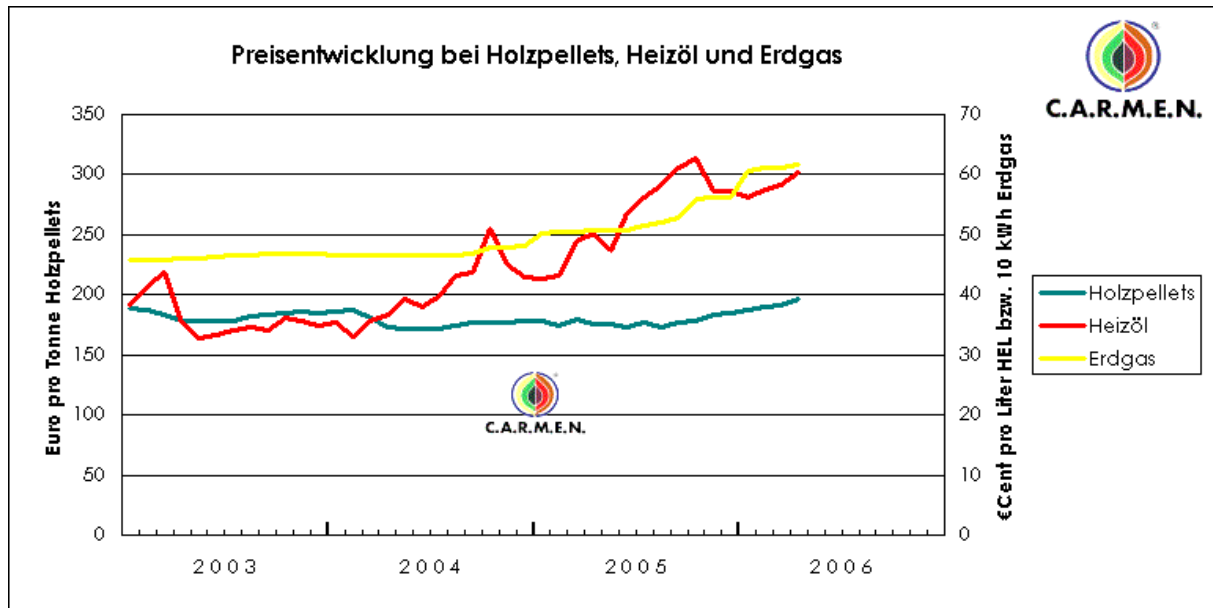


Abbildung 14: Grafische Darstellung der Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnung

Bei der Beurteilung der Ergebnisse ist die Brennstoffpreisentwicklung zu beachten. Aus dem Brennstoffpreistrend der letzten Jahre der folgenden Abbildung wird ersichtlich, dass der Brennstoffpreis für fossile Brennstoffe stärker als der Preis für Pellets oder Holzhackschnitzel ansteigt. Diese Entwicklung spricht ebenfalls für die Anbindung der Grundschule nach Variante 2 an das zentrale Wärmeversorgungssystem.

Abbildung 15: Preisentwicklung Pellets, Heizöl und Erdgas⁸

2.5.6. Finanzielle Förderungen

Die Nutzung von Biomassefeuerungsanlagen wird über die KfW-Bank gefördert. Zum einen mit günstigen Zinsen und zum anderen mit einem Teilschuldenerlass. Die Förderbedingungen werden im Folgenden entsprechend der Angabe der KfW-Bank erläutert.

- **Aktuelle Situation**

Momentan (31. Mai 2006) besteht seit Januar 2006 ein vorläufiger Antragsstopp. Weitere Hinweise bzw. aktuellere Angaben können im Internet unter http://www.kfw-foerderbank.de/DE_Home/Umweltschutz/Erneuerbar17/Frderbedin1.jsp abgerufen werden.

- **Wer wird gefördert?**

Unter anderen Kommunen, Kreise, kommunale Eigenbetriebe

Kommunen, rechtlich unselbständige kommunale Betriebe, Zweckverbände, sonstige Körperschaften des öffentlichen Rechts und eingetragene Vereine müssen ihr Vorhaben unter Hinweis auf die Förderung öffentlichkeitswirksam vorstellen.

⁸ Online Quelle: Homepage C.A.R.M.E.N. e.V., www.carmen-ev.de; Zugriff am 04.06.06

Der Antragsteller ist Eigentümer, Pächter oder Mieter des Grundstücks, auf dem die geförderte Investition durchgeführt werden soll. (Ausnahme: Energiedienstleister)
Pächter und Mieter benötigen die schriftliche Erlaubnis des Grundstückseigentümers, die Anlage errichten und betreiben zu dürfen.

- **Wie wird gefördert?**

Langfristige, zinsgünstige Darlehen mit Festzinssätzen und tilgungsfreien Anlaufjahren. Für bestimmte Investitionen kann zusätzlich zum zinsgünstigen Darlehen ein Teilschulderlass beantragt werden.

Das Programm zur Förderung erneuerbarer Energien stellt eine anerkannte staatliche Umweltschutzbeihilfe dar. Die addierten Subventionswerte des Förderkredits (Zinsverbilligung und ggf. möglicher Teilschulderlass) und anderer öffentlicher Fördermittel dürfen 40 % der Investitionsmehrkosten nicht überschreiten.

Die Investitionsmehrkosten werden von der Bank geprüft und im Kreditantrag mitgeteilt. Die Investitionsmehrkosten müssen den Einzelpositionen der Checkliste zugeordnet und durch geeignete Unterlagen belegt werden.

- **Kreditanträge** von kommunalen Unternehmen in privater Rechtsform

können weiterhin im Rahmen der "De minimis"-Freistellungsverordnung zugesagt werden. Das bedeutet, dass der für „De minimis“-Beihilfen zulässige Höchstbetrag von 100.000 EUR Bruttosubventionswert innerhalb von 3 Jahren nicht überschritten werden darf.

- **Was wird finanziert?**

Errichtung von automatisch beschickten Anlagen zur Verfeuerung fester Biomasse zur Wärmeerzeugung ab 100 kW Nennwärmeleistung, in denen überwiegend naturbelassenes Holz verfeuert wird, z. B. stückiges Holz, Hackschnitzel, Holzbriketts oder Holzpellets in bestimmter Qualität, Sägemehl, Späne, Schleifstaub oder Rinde sowie Reisig und Zapfen.

- **Förderung:**

Zinsgünstiges Darlehen und Teilschulderlass in Höhe von 60 EUR je kW installierter Nennwärmeleistung, höchstens 275.000 EUR pro Einzelanlage. Die geförderten Anlagen sind mindestens sieben Jahre zweckentsprechend zu betreiben. Innerhalb dieses Zeitraums darf eine geförderte Anlage nicht still gelegt und nur dann veräußert werden, wenn die Anlage zweckentsprechend weiter betrieben wird.

- **In welchem Umfang wird finanziert?**

- o Finanzierungsanteil
bis zu 100 % der förderfähigen Nettoinvestitionskosten
- o Kredithöchstbetrag
in der Regel 5 Mio EUR

- **Zu welchen Konditionen wird finanziert?**

- o Kreditlaufzeit

in der Regel bis zu 20 Jahre bei höchstens drei tilgungsfreien Anlaufjahren.

- o Verzinsung

Der Zinssatz wird in der bankdurchgeleiteten Variante für gewerbliche Antragsteller unter Berücksichtigung der wirtschaftlichen Verhältnisse des Kreditnehmers (Bonität) und der Werthaltigkeit der für den Kredit gestellten Sicherheiten von der Hausbank risikogerecht festgelegt. In einem gesonderten Bereich haben wir für Sie ausführliche Informationen zum Thema Risikogerechtes Zinssystem zusammengestellt.

In der Direktkreditvariante und für nicht gewerbliche Antragsteller wird das Darlehen zum geltenden Programmszinssatz zugesagt.

Der Zinssatz wird bei Zusage für die ersten 10 Jahre festgelegt. Danach wird der Zinssatz neu bestimmt.

Die Zinsen werden vierteljährlich nachträglich auf den abgerufenen Kreditbetrag berechnet.

- **Aktuelle Zinskonditionen**

- o Zusageprovision

Zwei Tage und einen Monat nach Zusage wird eine Glossar Anzeigenzusageprovision in Höhe von 0,25 % p. M. auf den noch nicht ausgezahlten Kreditbetrag berechnet.

- o Auszahlung

Der Kreditbetrag wird zu 96 % ausgezahlt.

- o Tilgung

Nach Ablauf der tilgungsfreien Anlaufjahre in gleich hohen halbjährlichen Raten. Der Kredit kann jederzeit außerplanmäßig zurückgezahlt werden.

- o Sicherheiten

Für Kredite an Gebietskörperschaften sind grundsätzlich keine Sicherheiten erforderlich. Kommunale Eigengesellschaften stellen eine 100 %ige modifizierte Ausfallbürgschaft.

- **Kombinationsmöglichkeiten**

Die Mittel aus dem Programm zur Förderung erneuerbarer Energien sind grundsätzlich mit anderen Fördermitteln aus öffentlichen Haushalten kombinierbar.

Die addierten Subventionswerte des Förderkredits (Teilschulderlass und Zinsverbilligung) und der übrigen Fördermittel dürfen 40 % der Investitionsmehrkosten nicht übersteigen. „De minimis“-Beihilfen werden nicht mitgerechnet.

Für öffentlich-rechtliche Antragsteller, eingetragene Vereine und natürliche Personen besteht folgende Regelung: Die Summe aus Krediten, Zuschüssen und Zulagen darf die Summe der förderfähigen Investitions- und Betriebskosten nicht überschreiten. Die Höhe anderer ggf. in Anspruch genommener öffentlicher Mittel (der EU, des Bundes, der Bundesländer oder der Kommunen) muss bei der Antragstellung angegeben werden.

- ***Kombination mit Einspeisevergütung***

Nicht gefördert werden Maßnahmen, bei denen die Vergütung für den erzeugten und ins Netz eingespeisten Strom über der Mindestvergütung des Gesetzes für den Vorrang Erneuerbarer Energien (EEG) liegt. Maßgeblich ist die zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme gültige Fassung. Bei Krediten für Biogasanlagen mit einer installierten elektrischen Leistung von mehr als 70 kW kann die KfW Ausnahmen zulassen.

- ***Kredit Antrag***

Der Antrag muss vor Beginn des Vorhabens gestellt werden. Als Vorhabensbeginn gilt der Abschluss eines Liefer- und Leistungsvertrages. Planungsleistungen dürfen vor Antragstellung erbracht werden. Kommunen und deren Eigenbetriebe wenden sich direkt an die KfW Förderbank.

- ***Sind Contracting-Finanzierungen möglich?***

Ja. Bei Contractingvorhaben wird auf die Antragsberechtigung des Energiedienstleisters (auch Kontraktor oder Contracting-Geber genannt) abgestellt. Näheres zur Förderung von Contracting-Vorhaben finden Sie auf der Seite Anlagen-Contracting.

3. Solarthermieranlagen

3.1. Variante I

In der Variante I wird die Installation einer Solarthermieranlage auf dem Wintergarten der Turn- und Schwimmhalle betrachtet. Die Größe der Flachkollektoren soll an die Dachkonstruktion des Wintergartens angepasst werden, um eine möglichst große Flächeausnutzung zu gewährleisten. Diese Anlage wird eine Fläche von 76 m² einnehmen bei einer Dachfläche von nur 75 m². Das bedeutet, dass die Kollektoren ein wenig (33 cm) über die seitlichen Dachkanten überstehen. Das Dach des Wintergartens eignet sich jedoch nur bedingt für eine solche Anlage. Durch die südwestliche Ausrichtung und die zu starke Dachneigung (bei dieser Ausrichtung) erbringt die Anlage nach Berechnungen mit der Solar-Software *T*SOL* nur eine vergleichsweise geringe Energieausbeute. Der solare Wärmeertrag soll in die zwei Brauchwasserspeicher eingespeist werden, die wiederum den Sanitärbereich der Turn- und Schwimmhalle mit Warmwasser versorgen. Das Schwimmbecken wird von der Heizzentrale aus mit Wärme versorgt. Zusätzlich wird durch die Installation der Solarthermieranlage erreicht, dass sich der Wintergarten nicht mehr so stark, wie zuvor mit der Glaseindeckung, aufheizt. Die Abbildung 16 zeigt den Wintergarten der Turn- und Schwimmhalle mit einer graphischen Andeutung der Solarthermieranlage.



Abbildung 16: Solarkollektoren auf dem Wintergarten

3.1.1. Projektbericht

In diesem Kapitel werden in Form von Abbildungen und Tabellen die Dimensionierung der Anlagenkomponenten und auch die Ergebnisse der technischen Berechnung mit der Solar-Software sowie die Planungsgrundlagen aufgezeigt.

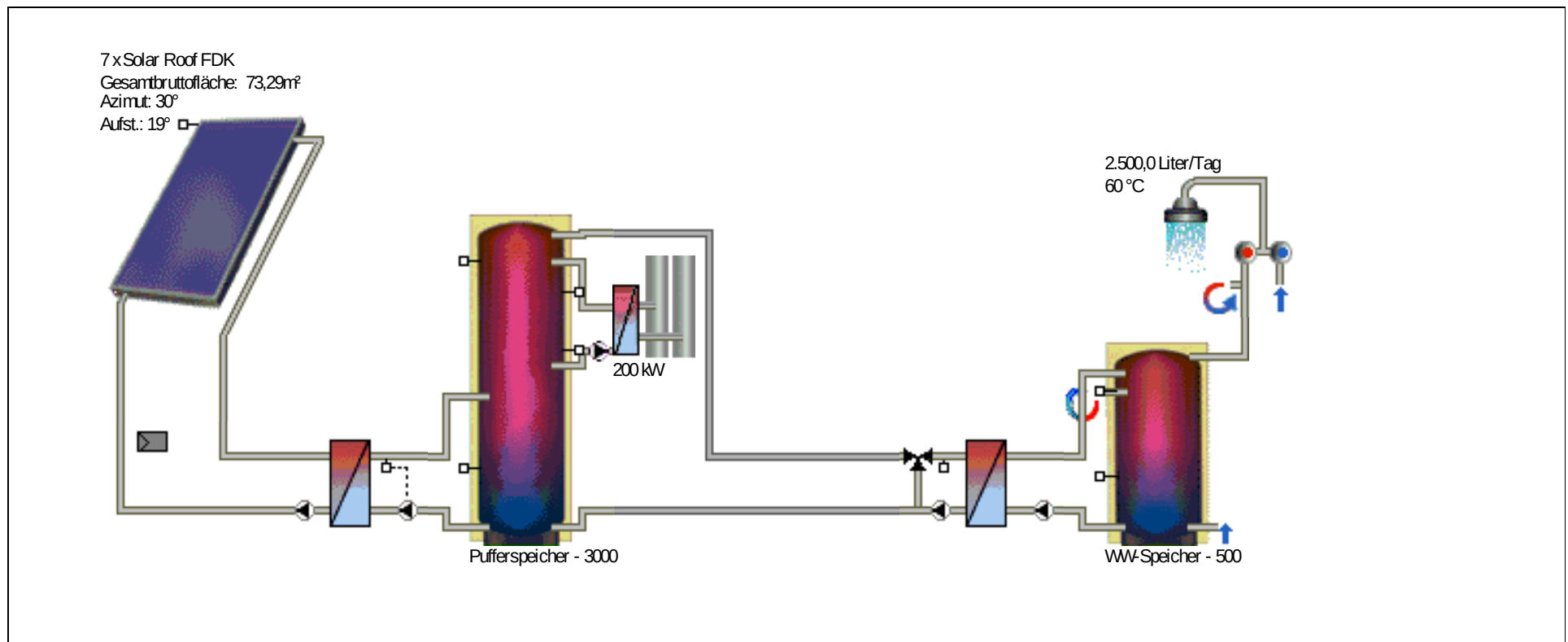


Abbildung 17: Systemkomponenten der Solarthermieanlage nach Variante I

Tabelle 20: Ergebnisse der Simulation der Solarthermieranlage Variante I

Ergebnisse der Jahressimulation		
Einstrahlung Kollektorfläche:	68,51 MWh	1.100,92 kWh/m ²
Abgegebene Energie Kollektoren:	19,14 MWh	307,59 kWh/m ²
Abgegebene Energie Kollektorkreis:	17,18 MWh	276,13 kWh/m ²
Energiebedarf Trinkwarmwassererwärmung:	52,98 MWh	
Energielieferung Trinkwarmwassererwärmung:	40,14 MWh	
Energielieferung Heizwärme:	0 Wh	
Energie Solarsystem:	14,58 MWh	
Zugeführte Energie Zusatzheizung:	27,6 MWh	
Einsparung Fernwärme:	17,2 MWh	
Vermiedene CO ₂ -Emissionen	3409,74 kg	
Deckungsanteil gesamt:	34,6 %	
Systemnutzungsgrad:	21,3 %	

Wie aus Tabelle 20 ersichtlich beträgt die von den Kollektoren abgegebene Energie nur 307,59 kWh/m² bei einer jährlichen Einstrahlung von 1.100,92 kWh/m². Dieses bedeutet die Kollektoren arbeiten mit einem Wirkungsgrad von nur ca. 28 %. Bei einem optimalen Standort mit sehr guter Ausrichtung wird ein Wirkungsgrad von 50-60 %⁹ erreicht. Darüber hinaus ist der solare Deckungsanteil von 34,6 % und somit auch der Systemnutzungsgrad von 21,3 % als gering zu bewerten. Anlagen zur solaren Brauchwassererwärmung werden heute in der Regel so dimensioniert, dass

⁹ Vgl. BINE Informationsdienst, Thermische Nutzung der Sonnenenergie, Bonn, 1999, Seite 3; Online Quelle: www.bine.info

ihr solarer Deckungsgrad ca. 50 – 60 % beträgt.¹⁰ Dies stellte ein Kompromiss aus gewünschtem hohen Energieertrag und wirtschaftlichen Gesichtspunkten dar. In Jünkerath kann ein solcher Deckungsgrad nicht erreicht werden, da für die Solarthermianlage auf dem Wintergarten nur eine begrenzte Fläche mit geringem Wirkungsgrad zur Verfügung steht, um den hohen Energiebedarf für das Brauchwasser zu decken. Nach Angaben der Verbandsgemeindeverwaltung nutzten in dem Jahr 2005 ca. 44.000 Personen¹¹ das Hallenbad. Dies bedeutet, dass im Durchschnitt täglich 125 Personen bei einer Betriebszeit von 351 Tage im Jahr das Schwimmbad besuchen. Daraus wurde ein durchschnittlicher täglicher Brauchwasserbedarf von 2500 Liter errechnet.

¹⁰ Vgl. Quaschning, Volker; Regenerative Energiesysteme, München-Wien, 2006, Seite 115

¹¹ Aussage Herr Hilgers, Abteilungsleiter Bäder, Verbandsgemeindeverwaltung Obere Kyll , Mai 2006

Die nachstehende Tabelle 21 zeigt die Daten, welche die Grundlagen der Berechnung darstellen.

Tabelle 21: Berechnungsgrundlagen der Solarthermieanlage Variante I

Projektdaten		
Standort:	Jünkerath	
Wetterdatensatz	"Aachen"	
Jahressumme Globalstrahlung:	1011,52 kWh	
Breitengrad:	50,78 °	
Vorgaben		
Trinkwarmwasser		
Durchschnittlicher Tagesverbrauch:	2500 l	
Solltemperatur:	60 °C	
Lastprofil:	konstanter Lastgang	
Kaltwassertemperatur:	8 °C	12 °C
Normaußentemperatur:	-12,2 °C	
Auslegungstemperaturen	40 °C/25 °C	

Die für die Solarthermieanlage benötigten Komponenten sind in der Tabelle 22 aufgelistet. Dabei ist zu bemerken, dass aufgrund der benötigten Maßanfertigung der Kollektoren für das Dach des Wintergartens die Kollektorgröße der Simulation sich geringfügig von der geplanten Anlage unterscheidet. In der Simulation wird mit einer Fläche von 73,29 m² gerechnet und die geplante Anlage soll eine Fläche von 76,59 m² einnehmen. Dies wirkt sich nur unwesentlich auf das Ergebnis der Simulation aus. Die Angaben über Größe und Kollektortyp für die geplante Anlage stammen aus dem Angebot der Fa. Schoden. Dieses Angebot wurde dem IfaS von der Gemeindeverwaltung zur Verfügung gestellt. Das Angebot wurde auf seine Aktualität durch Rücksprachen mit Herrn Schoden geprüft. Für die Berechnung der Anlage in der Simulation wurde der gleiche Kollektortyp verwendet.

Tabelle 22: Anlagenkomponenten Solarthermieranlage Variante I

Anlagenkomponenten	
Kollektorkreis	
Hersteller	Wagner & Co
Typ	Solar Roof FDK
Anzahl:	7,00
Gesamtbruttofläche:	73,29 m²
Gesamtbezugsfläche:	62,23 m²
Aufstellwinkel:	19 °
Azimut:	30 °
Warmwasser-Bereitschaftsspeicher	
Hersteller	Nach T*SOL Bibliothek
Typ	WW-Speicher - 500
Volumen	500 l
Pufferspeicher (P)	
Hersteller	Nach T*SOL Bibliothek
Typ	Pufferspeicher - 3000
Volumen	3000 l
Zusatzheizung	
Hersteller	Nach T*SOL Bibliothek
Typ	Fernwärme -200
Nennleistung	200 kW

Die folgende Abbildung 18 zeigt den Anteil an Solarenergie am Energieverbrauch der Brauchwassererwärmung. Daraus wird der geringe Deckungsgrad der Solarthermieanlage ersichtlich.

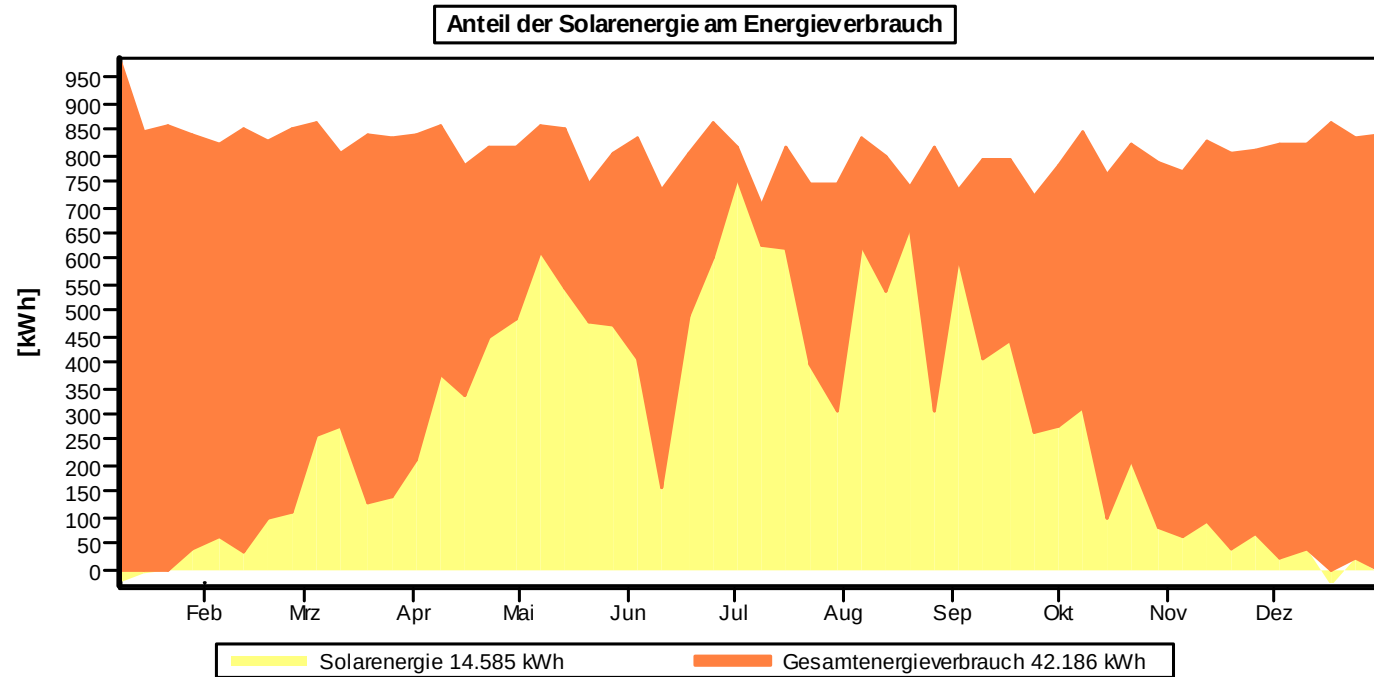


Abbildung 18: Anteil der Solarenergie am Energieverbrauch Variante I

Positiv zu bewerten ist die hohe Ausnutzung der vom Kollektor abgegebenen Sonnenenergie. Nur in wenigen Tagen im Jahr ist ein solares Überangebot vorhanden, welches nicht in das System eingespeist werden kann.

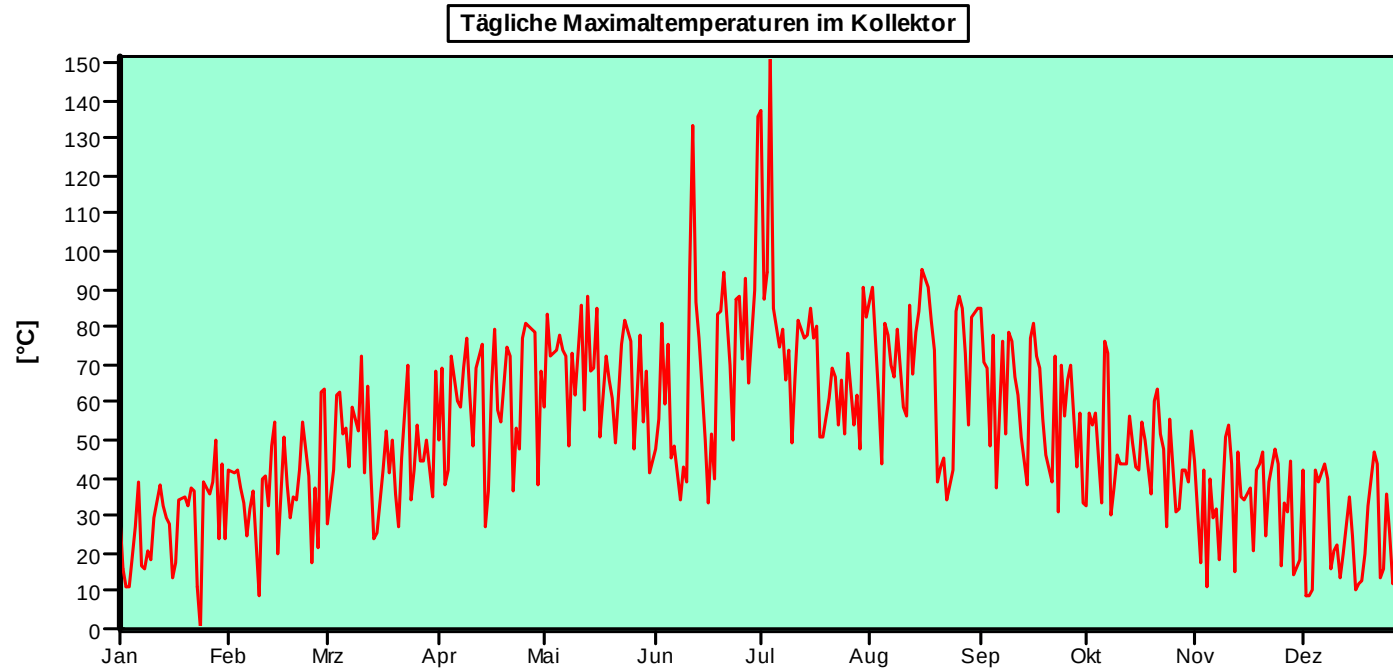


Abbildung 19: Maximale Kollektortemperaturen Variante I

Die Berechnungen wurden mit dem Simulationsprogramm für thermische Solaranlagen T*SOL Pro 4.3 durchgeführt. Die Ergebnisse sind durch eine mathematische Modellrechnung mit einer variablen Zeitschrittweite von max. 6 Minuten ermittelt worden. Die tatsächlichen Erträge können aufgrund von Schwankungen des Wetters, des Verbrauchs und anderen Faktoren davon abweichen. Das obige Anlagenschema ersetzt keine fachtechnische Planung der Solaranlage.

3.1.2. Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der Variante I

Aufgrund der Hitzeproblematik des Wintergartens in den Sommermonaten wurden zwei Berechnungen angestellt. Die erste Wirtschaftlichkeitsberechnung beinhaltet die Investitionskosten für die Solarthermieanlage nach Tabelle 23. Die zweite Berechnung beinhaltet die gleichen Investitionskosten abzüglich der Kosten der Alternativinvestition für eine Dachkonstruktion des Wintergarten nach Tabelle 24. Die neue Dachkonstruktion soll ebenfalls die Wärmedämmeigenschaften des Wintergartens verbessern und zwar im gleichen Maße wie der „Zusatznutzen“ der Solarthermieanlage.

3.1.1.1 Investitionskosten der Solarthermieanlage Variante I

Grundlage der Investitionskosten der Solarthermieanlage ist das Angebot der Fa. Schoden, welches der Verbandsgemeinde vorliegt. Aufgrund der Tatsache das, dass Angebot aus dem Jahre 2001 stammt sind die darin enthalten Preise in DM ausgezeichnet. Das Angebot wurde unter Rücksprache mit Herr Schoden mündlich aktualisiert. Weitere anfallende Kosten wie bspw. Kosten für die Demontage der Glasdachelemente, Speicher und sonstiges Zubehör wurden ergänzt. Die einzelnen Kostenpositionen können der Tabelle 23 entnommen werden.

Tabelle 23: Investitionskosten der Solarthermieranlage Variante I

Solarthermieranlage Variante I	
Bauseitige Einrichtung eines Arbeitsgerüsts	547,40 €
Demontage der Fenster	3.000,00 €
Solarkollektoren, einschließlich Montage und hydraulische Verbindung, Gebäudeeinführung	29.900,00 €
Blecheinbindung des Kollektorfeldes	1.206,50 €
20 m Rohrleitungen DN 35 Kupfer einschließlich Dämmung	597,00 €
Kleinteile Befestigungsmaterial	500,00 €
Pufferspeicher 3000 Liter	2.960,00 €
Wärmetauscher	370,00 €
Warmwasserspeicher 500 Liter	1.809,00 €
Hydraulische Anbindung	1.410,00 €
Summe	42.299,90 €
Mehrwertsteuer 16%	6.767,98 €
Anlagenpreis	49.067,88 €

3.1.1.2 Alternativinvestition Dachkonstruktion Variante I

Die Alternativinvestition beinhaltet die Investitionskosten für eine neue Dachkonstruktion des Wintergartens. Diese Dachkonstruktion soll gleichwertig wie die Solarthermieranlage die Überhitzung und die hohen Wärmeverlusten des Wintergartens minimieren. Für die neue Dachkonstruktion müssen die bestehenden Glasscheiben ebenfalls demontiert werden. Als Dacheindeckung wurden großflächige Profilbleche gewählt. Die Unterkonstruktion besteht im Großen und Ganzen aus einer Holzverschalung, einer Dämmung und einer feuchtigkeitsundurchlässigen Innenverkleidung. Des weiteren wurde auch der Austausch der bestehenden Brauchwasserspeicher zur Kostengegenüberstellung in die Kalkulation aufgenommen.

Tabelle 24: Alternativinvestition einer Dachkonstruktion des Wintergartens Variante I

Alternative Dachkonstruktion	
Bauseitige Einrichtung eines Arbeitsgerüsts	547,40 €
Demontage der Fenster	3.000,00 €
Holzverschalung Dach Wintergarten	1.170,00 €
Wärmedämmung	847,50 €
Blecheindeckung	1.972,00 €
Dampfsperre	292,50 €
Bitumenbahnen	315,00 €
Innenverkleidung	2.430,00 €
Brauchwasserspeicher 2 * 750 Liter	4.412,00 €
Summe	14.986,40 €
Mehrwertsteuer 16%	2.397,82 €
Endpreis Dachkonstruktion	17.384,22 €

Die nun nachstehenden Tabellen zeigen die Ergebnisse und die für die Berechnung gewählten Parameter. Die Wirtschaftlichkeitsberechnungen wurden mit der Software T*SOL PRO 4.3 und nach der Kapitalwertmethode in Anlehnung an die VDI 2067 berechnet. Andere Methoden können zu anderen Ergebnissen führen. Die Tabelle 25 zeigt die Ergebnisse der Berechnung mit den aus Tabelle 23 zu Grunde liegenden Investitionskosten.

Tabelle 25: Wirtschaftlichkeitsberechnung Variante I

Solarthermieranlage Variante I	
Anlage	
Ertrag des Systems	17.146,00 kWh
Bezugsfläche	73,29 m ²
jährl. Stromverbrauch Pumpen	263,80 kWh/a
jährl. Brennstoffeinsparung	17.109,93 kWh
Wirtschaftlichkeitsparameter	
Lebensdauer	20 Jahre
Kapitalzins	2,50%
Preissteigerungsrate Energiebezug	4,00%
Preissteigerungsrate Betriebskosten	1,50%
Fremdfinanzierung	
Kreditbezeichnung	Kommunalkredit
Fremdkapital	42.911 €
Laufzeit/ Kreditzins	10 Jahre/ 2,0 %

jährliche Rate	4.777 €
Benötigtes Eigenkapital unter Berücksichtigung von Förderung und Fremdkapital	0 €
Kosten (Barwerte)	
Investitionen	-49.067 €
Förderung	6.156 €
Einsparung	19.230 €
Betriebskosten	-9.629 €
Förderung über Kommunalkredit	1.101 €
Ergebnis	
Kapitalwert	-32.208 €
Wärmepreis	0,19 €/kWh

Die nachstehende Tabelle 26 zeigt die Ergebnisse der Berechnung unter Verwendung der Investitionskosten der Solarthermieranlage abzüglich der Investition der Dachkonstruktion des Wintergartens. Diese Berechnung unterscheidet sich daher in der Höhe der erforderlichen Investitionen von der vorstehenden Wirtschaftlichkeitsberechnung.

Tabelle 26: Wirtschaftlichkeitsberechnung Alternativ Variante I

Solarthermieranlage Variante I - Alternativinvestition -	
Anlage	
Ertrag des Systems	17.146,00 kWh
Bezugsfläche	73,29 m²
jährl. Stromverbrauch Pumpen	263,80 kWh/a
jährl. Brennstoffeinsparung	17.109,93kWh
Wirtschaftlichkeitsparameter	
Lebensdauer	20 Jahre
Kapitalzins	2,50%
Preissteigerungsrate Energiebezug	4,00%
Preissteigerungsrate Betriebskosten	1,50%
Fremdfinanzierung	
Kreditbezeichnung	Kommunalkredit
Fremdkapital	25.527 €
Laufzeit/ Kreditzins	10 Jahre/ 2,0 %
jährliche Rate	2.842 €
Benötigtes Eigenkapital unter Berücksichtigung von Förderung und Fremdkapital	0 €
Kosten (Barwerte)	
Investitionen	-31.683 €
Förderung	6.156 €
Einsparung	19.230 €
Betriebskosten	-6.534 €
Förderung über Kommunalkredit	655 €
Ergebnis	
Kapitalwert	-12.175 €
Wärmepreis	0,12 €/kWh

3.1.1.3 Ergebnisdiskussion

Die Investition in eine Solarthermieranlage auf dem Dach des Wintergartens ist in beiden Fällen nicht rentabel. Beide haben als Ergebnis einen negativen Kapitalwert. Dieser deutet darauf hin, dass die Investition unvorteilhaft ist. Die Einzahlungen in Form von Einsparungen decken die investitionsbedingten Auszahlungen und die erwartete Verzinsung nicht. Die Wärmepreise beider Varianten sind im Vergleich zu dem Wärmepreis für die Gesamtwärmeversorgung aller Schulgebäude (ca. 0,07-0,084 €/kWh) als hoch zu bewerten. Jedoch ist davon auszugehen, dass die Preise

für Brennstoffe in den nächsten Jahren eher steigen werden. Diese bedeutet für die Solarthermieanlage jährlich steigende Einsparungen, bei konstanten Auszahlungen. Dies könnte strategisch betrachtet dazu führen, dass die Investition keinen Verlust darstellt.

3.2. Variante II

In Variante II wird der großflächige Einsatz von so genannten Absorbermatten auf den sonnenzugewandten Dachflächen der Turn- und Schwimmhalle zur direkten Beckenwassererwärmung untersucht.

Für die effiziente Nutzung dieser solaren Technik ist eine Absorberfläche von 50 bis 80 % der Beckenoberfläche Grundvoraussetzung¹². Die Beckenoberfläche in der Schwimmhalle von Jünkerath beträgt ca. 216 m². Die effektive Dachfläche reicht lediglich aus um das 0,5 fache der Beckenoberfläche zu erreichen. Dazu ist zu erwähnen, dass für die Berechnung der effektiven Dachfläche die Dachflächenform und Flächen für Installations- und Wartungsarbeiten berücksichtigt werden. Des Weiteren nimmt der Wirkungsgrad, aufgrund fehlender Dämmung der Absorbermatten bei höheren Beckenwassertemperaturen ab. Die hohen Beckentemperaturen von 28,2 bzw. 31,2 °C des Schwimmbeckens, im Vergleich zu Freibadbeckentemperaturen, sprechen daher auch gegen den Einsatz einer Absorbermattenanlage. Aufgrund der beiden genannten nicht vorteilhaften Voraussetzungen wurde von einer weiteren Untersuchung bzw. Bearbeitung der Variante II abgesehen.

3.3. Variante III

In der Variante III wird die Installation und Förderfähigkeit einer großflächigen Solarthermieanlage auf dem Dach der Regionalschule I zur thermischen Unterstützung der Feuerungsanlagen untersucht. Die Solarthermieanlage soll auf dem Süd-West Dach (+30°) der Regionalschule I (siehe Abbildung 1) installiert werden.

¹² Vgl. Quaschnig, Volker; Regenerative Energiesysteme, München-Wien, 2006, Seite 83

In dem Förderprogramm „Solarthermie2000plus“¹³ werden großflächige Solarthermieranlagen mit einer Fläche von über 100 m² in der Regel mit 30-50% der Investitionskosten gefördert. Wesentlich für die Projektauswahl - innerhalb dieses Förderprogramms - sind weiterhin die zu erwartenden Kosten der mit der Solaranlage bereitgestellten Wärme. Maßstab ist der Vergleich mit bereits realisierten Lösungen. Die solaren Nutzwärmekosten müssen dazu, je nach Anlagentyp und Größe sowie Anwendungsbereich, die in Abhängigkeit vom solaren Deckungsanteil festgelegten oberen Grenzwerte unterschreiten. Als Eckwert ist 0,15 €/kWh bei 10% solarem Deckungsanteil am Gesamtwärmebedarf festgelegt.¹⁴

Ein solarer Deckungsanteil von 10% bedeutet, dass 10% der benötigten Wärmemenge des gesamten Systems von der Solarthermieranlage gedeckt werden sollen. Bei einem Jahresenergiebedarf von ca. 1.300 MWh müsste eine Kollektorfläche von ca. 247 m² bei optimaler Ausrichtung vorhanden sein, um diesen solaren Deckungsanteil von 10% zu erreichen. Diese effektiv nutzbare Dachfläche von 247 m² ist auf dem Dach der Regionalschule I nicht vorhanden. Dieses bedeutet, dass keine Förderung der Solarthermieranlage möglich ist und somit auch von einer weiteren Betrachtung abgesehen wurde.

¹³ Online Quelle: www.Solarthermie200plus.de; Zugriff 10.05.2006

¹⁴ Vgl. Förderkonzept "Solarthermie2000plus", Online Quelle: www.Solarthermie200plus.de; Zugriff am 10.05.2006, Seite 5f

4. Photovoltaik

Photovoltaikanlagen (PV-Anlagen) wandeln das Sonnenlicht in elektrische Energie um. Dadurch kann die Energie der Sonne direkt zur Erzeugung von elektrischem Strom genutzt werden. In Deutschland werden fast ausschließlich netzgekoppelte Photovoltaikanlagen betrieben um von der gesetzlich festgelegten Vergütung zu profitieren. Diese sind mit dem öffentlichen Stromnetz verbunden und speisen den produzierten Strom ein.¹⁵



Abbildung 20: PV-Anlage auf der Realschule Hückeswagen¹⁶

¹⁵ Vgl. IfaS, R. Cornelius, "Privater Strom aus der Sonne – Leitfaden zur Photovoltaik für Bürgerinnen und Bürger des Landes Rheinland-Pfalz"

¹⁶ Quelle: Homepage NTI AG, URL: http://www.nti-ag.com/html/photovoltaik_grossanlagen.htm, 08.12.2005

4.1. Photovoltaik allgemein

Das Kernstück einer Photovoltaikanlage sind die aus Solarzellen bestehenden Solarmodule, die Sonnenenergie in Gleichstrom umwandeln. Um den produzierten Strom einer netzgekoppelten Photovoltaikanlage jedoch in ein öffentliches Stromnetz einzuspeisen, wird er über Gleichstromleitungen zu einem oder mehreren Wechselrichtern geführt, die den Gleichstrom in netzkonformen Wechselstrom umwandeln. Das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) verpflichtet den Netzbetreiber, den photovoltaisch erzeugten Strom abzunehmen. Bevor der Strom jedoch in das öffentliche Netz eingespeist wird, muss ein so genannter Einspeisezähler zwischengeschaltet werden. Anhand dieses Zählers wird die eingespeiste Strommenge gemessen, um somit die entsprechende Vergütung anschließend berechnen zu können.¹⁷ Die Höhe der Vergütung hängt von der Art und Größe der Anlage, sowie dem Installationsjahr ab und ist im EEG geregelt.

Tabelle 27: Vergütung nach EEG

Jahr der Inbetriebnahme	Anlagengröße		
	< 30 kWp	30 – 100 kWp	> 100 kWp
2006	0,5180 Cent/kWh	0,4928 Cent/kWh	0,4874 Cent/kWh
2007	0,4921 Cent/kWh	0,4681 Cent/kWh	0,4630 Cent/kWh
2008	0,4675 Cent/kWh	0,4447 Cent/kWh	0,4398 Cent/kWh

¹⁷ Vgl. IfaS, R. Cornelius, "Privater Strom aus der Sonne – Leitfaden zur Photovoltaik für Bürgerinnen und Bürger des Landes Rheinland-Pfalz"

4.2. Photovoltaikbetrachtung der Dächer des Schulzentrums

Im Rahmen der Machbarkeitsstudie wurden die Dächer des Schulzentrums hinsichtlich ihrer Eignung für eine Belegung mit Photovoltaikmodulen untersucht. Es handelt sich im Einzelnen um die Dächer der Grundschule und der beiden Hauptschulgebäude.

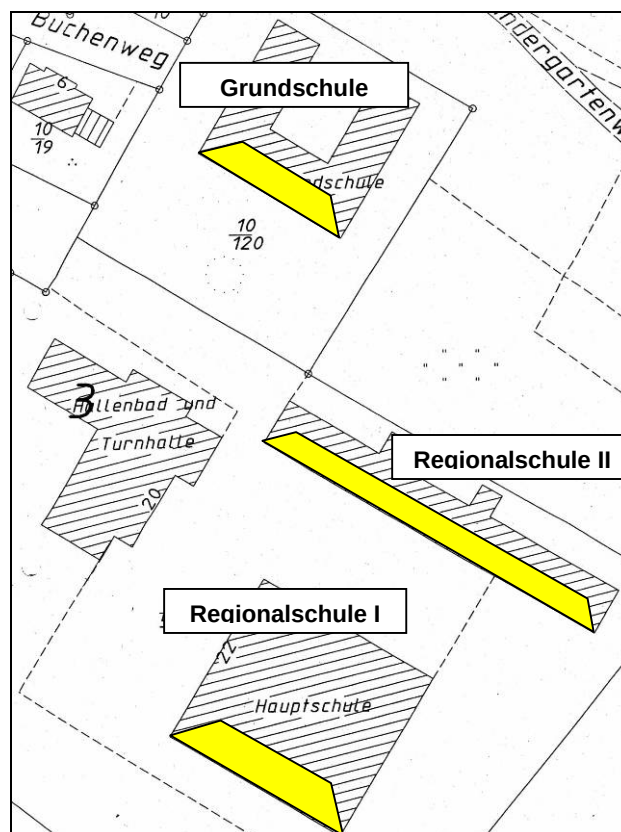


Abbildung 21: Hinsichtlich PV-Nutzung untersuchte Dächer

Die Prüfung der Dächer gliedert sich in 3 wesentliche Schritte: Zunächst wurde eine Kartierung der Dachflächen durchgeführt, um eine Vorauswahl treffen zu können und um eine Übersicht der geeigneten Dächer zu erhalten. Anschließend erfolgte für jedes Dach eine Software-gestützte Simulation einer PV-Anlage sowie eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung.

4.2.1. Dachflächenkartierung

Entscheidend ist bei der Dachflächenkartierung die Größe sowie die Neigung und Ausrichtung der Dachfläche. Es wird nur die Südseite betrachtet, da dort die Sonneneinstrahlung am höchsten ist. Darüber hinaus sollte das Dach nicht von Bäumen, Nachbargebäuden o.ä. verschattet werden, da auf diese Weise der Ertrag der Anlage verringert wird. Diese Angaben wurden für jedes Gebäude in einem Dachflächen-Kartierungsbogen erfasst. So ist es möglich, schnell einen Überblick über die vorhandenen Dachflächen zu erhalten. Die Kartierungsbögen für das Schulzentrum Jünkerath sind im Anhang beigelegt.

Die Kartierung der Dachflächen ergab, dass die Dächer der Grundschule und der Regionalschule grundsätzlich für eine photovoltaische Nutzung geeignet sind. Die nach Süden, bzw. Südwesten ausgerichteten Dachflächen sind ausreichend groß und werden nicht verschattet.

Tabelle 28: Übersicht über die Dachflächen

	Fläche¹⁸	Neigung	Ausrichtung	Verschattung
Grundschule	210 m ²	23°	+ 30° (Süd-West)	keine
Regionalschule I	318 m ²	24°	+ 30° (Süd-West)	keine
Regionalschule II	450 m ²	23°	+ 30° (Süd-West)	keine

Für eine photovoltaische Nutzung steht allerdings nicht die gesamte Dachfläche zur Verfügung, da ein Montagerand von ca. 1 m einkalkuliert werden muss. Die nutzbare Fläche ist also kleiner als die Gesamtfläche.

Das Dach der Turnhalle wurde nicht auf seine photovoltaische Nutzbarkeit hin geprüft. Das Süddach bietet nicht genügend Fläche für eine Solarstromanlage.

¹⁸ Gesamtfläche der nach Süden ausgerichteten Dachfläche

4.2.2. Simulation

Mit Hilfe der Photovoltaik-Software PV*SOL wurden die 3 Anlagen auf den Dächern von Grundschule, Regionalschule I und Regionalschule II simuliert:

- Bei der Grundschule ergab die Simulation eine PV-Leistung von 15,70 kWp (Kilowattpeak) und einen spezifischen Jahresertrag von 830 kWh/kWp (Kilowattstunden/Kilowattpeak)
- Bei der Regionalschule I (Hauptgebäude) ergab sich eine PV-Leistung von 26,2 kWp und einen spezifischen Jahresertrag von 832 kWh/kWp.
- Bei der Regionalschule II (Nebengebäude) ergab sich eine PV-Leistung von 32,30 kWp und einen spezifischen Jahresertrag von 849,0 kWh/kWp.

Die Ergebnisse der Simulation sind im Anhang dargestellt.

Die spezifischen Jahreserträge der 3 Anlagen liegen in einem Bereich, der einen wirtschaftlichen Betrieb der Anlage erwarten lässt. Daher wurde auf Grundlage der hier ermittelten Werte für jede Anlage eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung durchgeführt.

Es ist hier anzumerken, dass erfahrungsgemäß die mit PV*SOL errechneten Werte unter den tatsächlichen erzielbaren Werten liegen. Es ist also mit höheren Erträgen zu rechnen.

4.2.3. Wirtschaftlichkeit

Auf Basis der mit PV*SOL ermittelten voraussichtlichen Stromerträge wurde für jede der drei Anlagen eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung durchgeführt. Die Eckdaten sind in nachfolgender Tabelle dargestellt.

	Grundschule	Regionalschule I	Regionalschule II
PV-Potenzial	15,7 kWp	26,2 kWp	32,3 kWp
Voraussichtl. Inbetriebnahme	Okt 2006	Okt 2006	Okt 2006
Brutto-Jahresstromertrag	830 kWh/kWp	832 kWh/kWp	849 kWh/kWp
Investitionskosten	75.408 EUR	125.664 EUR	155.040 EUR
Spez. Kosten	4.800 EUR/kWp	4.800 EUR/kWp	4.800 EUR/kWp
Finanzierung	Bankdarlehen (Annuität)	Bankdarlehen (Annuität)	Bankdarlehen (Annuität)
Eigenkapital	3.770 EUR	3.142 EUR	3.876 EUR
Kapitalrückfluss	7.104 EUR	10.407 EUR	19.726 EUR
kumulierter Gewinn	3.333 EUR	7.266 EUR	15.850 EUR
Interner Zinsfuß	3,3 %	6,2 %	8,6 %

Tabelle 29: Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der PV-Anlagen

Die spezifischen Kosten pro kWp verstehen sich inklusive Gerüstbauarbeiten. Die vollständigen Wirtschaftlichkeitstabellen sind im Anhang beigefügt.

4.3. Ergebnisdiskussion

Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen ergaben, dass auf allen untersuchten Dächern Photovoltaikanlagen wirtschaftlich realisiert werden können. Die genutzte Software PV-Sol errechnet grundsätzlich konservative Werte für den Bruttostromertrag, höhere Erträge sind in der Realität zu erwarten. Die Anlagen sind jedoch nur dann wirtschaftlich zu betreiben, wenn die Umsatzsteuer vom Finanzamt zurück gefordert werden kann (Betrieb gewerblicher Art). Mit der Installation der 3 PV-Anlagen werden in 20 Jahren 1,25 Mio. kWh Strom regenerativ erzeugt. Es werden 862.000 kg CO₂ eingespart und Investitionen in Höhe von knapp 360.000 € getätigt. Aufgrund der jährlich sinkenden Einspeisevergütung sollten die Anlagen möglichst bald installiert werden.

5. Zusammenfassung und Handlungsempfehlungen

Das Schulzentrum Jünkerath besteht aus einer Grundschule, einer Turn- und Schwimmhalle und den zwei Gebäuden der Regionalschule. Die in dem Schulzentrum Jünkerath befindlichen Heizungsanlagen müssen in naher Zukunft altersbedingt saniert werden. Aus diesem Grunde wurde das IfaS mit der Machbarkeitsstudie „zur Biomasse und Sonnenenergienutzung am Schulzentrum Jünkerath“ beauftragt.

In der Machbarkeitsuntersuchung wurden folgende Punkte untersucht:

- Ein Nahwärmeverbund auf Basis erneuerbarer Energien. In diesem Verbund sollen die Gebäude von einer Heizzentrale aus mit Wärme versorgt werden. Als regenerativer Brennstoff wurde die Nutzung von Holzhackschnitzel und Holzindustriepellets untersucht.
- Die Nutzung der Sonnenenergie durch Solarthermieanlagen (Anlagen zur Wassererwärmung).
- Die Nutzung der Sonnenenergie durch Photovoltaikanlagen (Anlagen zur Stromerzeugung).

5.1. Nahwärmeverbund auf Basis der Biomassenutzung

In Kapitel 2 der Ausarbeitung werden die Möglichkeiten der Nutzung eines Nahwärmeverbundes auf Basis der Holznutzung untersucht und erläutert. Darüber hinaus werden Grundlagen der Biomassenutzung aufgezeigt.

Schwerpunkt dieser Betrachtung ist der Vergleich zweier Varianten eines Wärmeverbundes - auf Basis von Holzhackschnitzel (HHS) und Industriepellets - mit der konventionellen Einzelversorgung (Erdgas) der Gebäude. Es wurden mehrere Varianten eines neuen Wärmeversorgungssystems diskutiert und gegenüber gestellt.

Folgende Varianten wurden unterschieden:

- *Dezentral:* Hier wird der Austausch der bestehenden Erdgasfeuerungsanlagen durch neue Feuerungsanlagen betrachtet und erläutert.
- *Variante 1:* In dieser Variante wird die Turn- und Schwimmhalle und die zwei Gebäude der Regionalschule mit Wärme über den Wärmeverbund von der Heizzentrale der Regionalschule I versorgt. Die Grundschule dagegen wird separat von einer Erdgasfeuerungsanlage mit Wärme beliefert.
- *Variante 2:* In Variante 2 werden alle Gebäude mit einer Wärmeleitung über die Heizzentrale der Regionalschule I mit Wärme versorgt.

Für die Variante 1 und 2 wurden entsprechend der Beschreibung Wärmeleitungen geplant. Die bestehenden Leitungen zwischen den zwei Gebäuden der Regionalschule I+II können weiterhin genutzt werden. Die Wärmeleitung von der Heizzentrale in der Regionalschule I zur Turn- und Schwimmhalle kann in dem Verbindungsgang zwischen den Gebäuden verlegt werden. Die Anbindung der Grundschule erfolgt durch eine unterirdische Nahwärmeleitung von der Turn- und Schwimmhalle aus.

Für die Biomasselagerung ist ein Brennstofflager notwendig. Dieses wird auf dem Schulhof vor dem Heizraum der Regionalschule II gebaut und kann von dem höher gelegenen Schulhof mit einem LKW von oben beladen werden. Das Lager wird eine Grundfläche von 8 x 4 m bei einer Höhe von 4 m haben. Abzüglich der Betonwände ergibt sich ein Volumen von maximal 102 m³ mit dem Biomasse bevorratet werden kann.

Für die Heizzentrale sind weitere Baumaßnahmen notwendig, u. a. muss ein neuer Schornstein für die Biomassefeuerungsanlage an der Fassade installiert werden.

Der Vergleich der verschiedenen Varianten durch eine Wirtschaftlichkeitsberechnung führte zu folgenden Wärmepreisen:

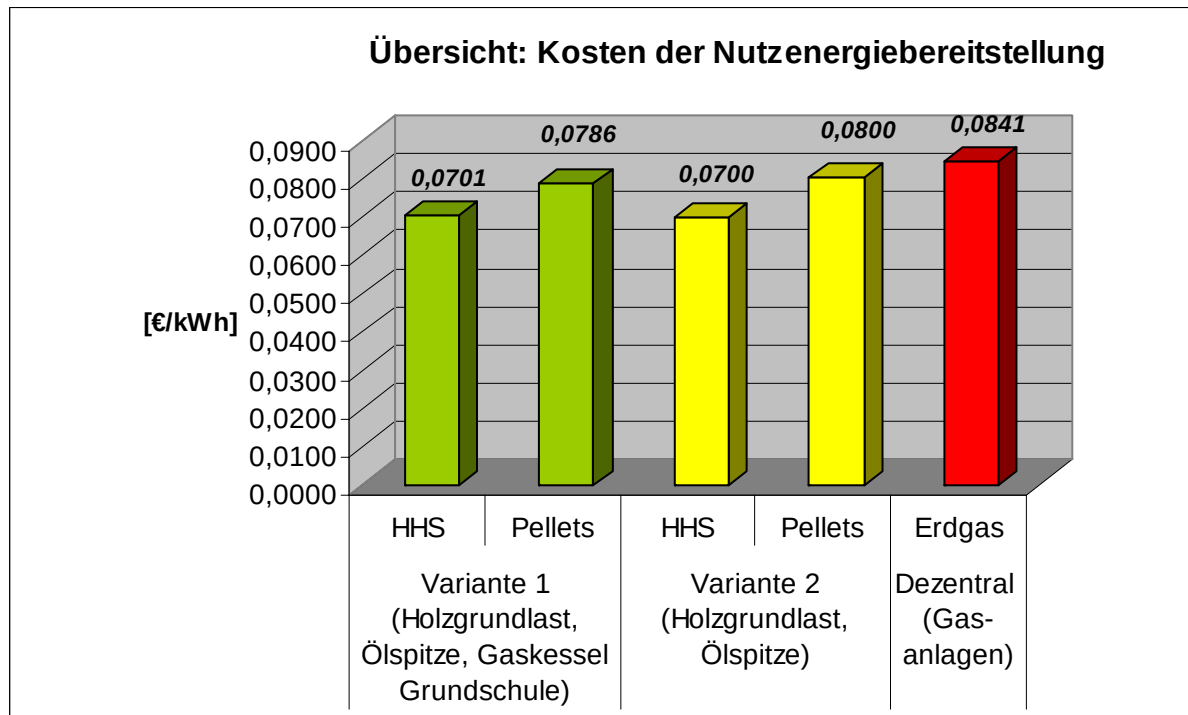


Abbildung 22: Ergebnisgrafik der Wirtschaftlichkeitsberechnungen für das Wärmebereitstellungssystem

Eine detaillierte Aussage zu den entstehenden Investitionskosten, den Verbrauchs- und Betriebskosten sowie zu den Wärmekosten über 20 Jahre Nutzungsdauer der Anlagen zeigt Tabelle 30.

Tabelle 30: Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnungen für das Wärmebereitstellungssystem

Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnungen					
	Variante 1 (Holzgrundlast, Ölspitze, Gaskessel Grundschule)		Variante 2 (Holzgrundlast, Ölspitze)		Dezentral (Gas-anlagen)
Grundlast	HHS	Pellets	HHS	Pellets	Erdgas
Investitionskosten	255.530,62 €	255.530,62 €	329.362,62 €	329.362,62 €	90.500,10 €
Kapitalgebundene Kosten	19.644,21 €/a	19.644,21 €/a	25.320,13 €/a	25.320,13 €/a	6.957,30 €/a
Verbrauchsgebunden Kosten	43.837,12 €/a	56.004,52 €/a	41.512,71 €/a	55.508,64 €/a	73.886,43 €/a
Betriebsgebundene Kosten	13.068,62 €/a	10.226,62 €/a	11.010,03 €/a	8.168,03 €/a	6.554,49 €/a
Summe jährliche Gesamtkosten	76.549,94 €/a	85.875,35 €/a	77.842,87 €/a	88.996,79 €/a	87.398,23 €/a
Kosten der Nutzenergiebereitstellung	0,0701 €/kWh	0,0786 €/kWh	0,0700 €/kWh	0,0800 €/kWh	0,0841 €/kWh
Wärmekosten über 20 Jahre	1.530.998,90 €	1.717.506,93 €	1.556.857,31 €	1.779.935,88 €	1.747.964,55 €
alle Kosten brutto					

Aus der Tabelle 30 wird ersichtlich, dass die Varianten 1 und 2 günstiger sind als die dezentrale Lösung mit Erdgas. Bei den beiden regenerativen Varianten zeigt sich, dass sich der Brennstoff Holzhackschnitzel (HHS) als der preiswertere holzartige Brennstoff darstellt. Die mit Industriepellets befeuerte Anlage in Variante 1 ist günstiger als in Variante 2. Die beiden Holzhackschnitzel Feuerungsanlagen in Variante 1 und Variante 2 kommen fast exakt auf dieselben Kosten für die Nutzenergiebereitstellung. Die Variante 2 mit der Anbindung der Grundschule an das Wärmeverteilungssystem und dem Hauptbrennstoff Holzhackschnitzel ist geringfügig günstiger als die Variante 1 mit ebenfalls HHS als Hauptbrennstoff. Zu beachten ist jedoch, dass sich die beiden Varianten in der Höhe der Investitionskosten unterscheiden. Für Variante 2 sind die Investitionskosten um ca. 22 % höher, dieses lässt sich durch die höheren Investitionskosten für die Wärmeverteilung erklären. Darüber hinaus ist eine längere Nahwärmeleitung mit größeren Risiken verbunden. Jedoch sind entsprechend die Verbrauchgebunden und Betriebsgebundenen Kosten in der Variante 2 günstiger.

Die beiden preiswertesten Varianten sind daher die Variante 1 und Variante 2 jeweils mit der Holzhackschnitzel Feuerungsanlage. Wird, bei gleich bleibenden Energieträgerpreisen, eine der beiden Varianten mit Holzhackschnitzel als Brennstoff realisiert so können ca. 217.000 € durch Variante 2 und 191.000 € durch Variante 1 im Vergleich zur dezentralen Lösung (Erdgas) innerhalb von 20 Jahren eingespart werden. Im Vergleich untereinander wird ersichtlich, dass trotz annähernd gleichen Kosten der Nutzenergiebereitstellung durch die Realisierung der Variante 2 ca. 26.000 € (= 217.000 € - 191.000 €) gegenüber Variante 1 mehr eingespart werden kann.

Bei Betrachtung der günstigsten Pelletvariante (Variante 1) im Vergleich zur dezentralen Lösung können innerhalb der Nutzungsdauer noch ca. 30.500 € eingespart werden.

Die Handlungsempfehlung für das Wärmeversorgungs- und Bereitstellungssystem für das Schulzentrum Jünkerath geht an die Variante 2, unter Verwendung von Holzhackschnitzel als Hauptbrennstoff und Heizöl für die Spitzenlastabdeckung. Da diese Variante aus ökonomischer Sichtweise mit Variante 1 (Holzhackschnitzel) die günstigste Variante darstellt und aus ökologischer Sichtweise den höheren Einsatz an

erneuerbarer Energie aufweist. Durch diesen höheren Einsatz des „CO₂-Neutralen“ Brennstoffes Holz wird das gesamte Schulzentrum zum Großteil (80%) mit Wärme versorgt und dadurch große Mengen des Treibhausgases CO₂ eingespart.

5.2. Solarthermie

Das dritte Kapitel zeigt verschiedene Möglichkeiten der Nutzung der Sonnenenergie durch Solarthermieanlagen.

In der Machbarkeitsstudie wurden drei Varianten geprüft:

- *Variante I:* Solarthermieanlage auf dem Dach des Wintergartens der Turn- und Schwimmhalle.
- *Variante II:* Absorbermatten auf dem Dach der Turn- und Schwimmhalle zur direkten Beckenwassererwärmung.
- *Variante III:* Eine großflächige Solarthermieanlage auf dem Dach der Regionalschule II (Hauptgebäude).

Von diesen drei Varianten wurde jedoch nur die Variante I näher untersucht, da die Voruntersuchung der übrigen Varianten zeigte, dass diese unvorteilhaft sind.

Durch die Realisierung der Variante I wird neben der eigentlichen Aufgabe der Solarthermieanlage (Duschwassererwärmung) auch der Überhitzung des Wintergartens im Sommer und den hohen Wärmeverlusten im Winter entgegengewirkt. Deshalb wurden auch zwei Berechnungen angestellt. Die erste Wirtschaftlichkeitsberechnung beinhaltet die Investitionskosten für die Solarthermieanlage. Die zweite Berechnung beinhaltet die gleichen Investitionskosten abzüglich der Kosten der Alternativinvestition für eine neue Dachkonstruktion. Die neue Dachkonstruktion soll ebenfalls die Wärmedämmeigenschaften des Wintergartens verbessern und zwar im gleichen Maße wie der „Zusatznutzen“ der Solarthermieanlage.

Tabelle 31: Ergebnisse Solarthermieranlage Variante I

Solarthermieranlage Variante I	
Ergebnis	
Investitionskosten	49.067,88 €
Kapitalwert	-32.208 €
Wärmepreis	0,19 €/kWh
Solarthermieranlage Variante I - Alternativinvestition -	
Ergebnis	
Investitionskosten	31.683,66 €
Kapitalwert	-12.175 €
Wärmepreis	0,12 €/kWh

Die Investitionskosten für die alternative Dachkonstruktion belaufen sich auf 17.384,22 €. Beide Berechnungen zeigen einen negativen Kapitalwert, der auf eine unvorteilhafte Investition hindeutet. Der Wärmepreis der beiden Varianten ist im Vergleich zum Wärmepreis für die Gesamtwärmeversorgung aller Schulgebäude (ca. 0,07-0,084 €/kWh) als hoch zu bewerten und spricht somit eher gegen die Investition.

Die Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen der Solarthermieranlage zeigen daher, dass sich die Investition momentan nicht rentiert. Jedoch sollte an dieser Stelle eine strategische Sichtweise angestrebt werden. Denn durch die ständig steigenden Brennstoffpreise ist davon auszugehen, dass sich die Investition zukünftig doch als rentabel erweist. Außerdem spricht für eine Installation der Solarthermieranlage der Zusatznutzen.

Daher wird die Nutzung der Sonnenenergie durch eine Solarthermieranlage auf dem Dach des Wintergartens empfohlen.

5.3. Photovoltaik

In Kapitel 4 wird die Nutzung der Sonnenenergie durch Photovoltaikanlagen auf den Dächern der Turn- und Schwimmhalle und der Regionalschule I (Hauptgebäude) und II untersucht. Die folgende Tabelle zeigt die Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnung.

Tabelle 32: Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnung der Photovoltaikanlagen

	Grundschule	Regionalschule I	Regionalschule II
PV-Potenzial	15,7 kWp	26,2 kWp	32,3 kWp
Voraussichtl. Inbetriebnahme	Okt 2006	Okt 2006	Okt 2006
Brutto-Jahresstromertrag	830 kWh/kWp	832 kWh/kWp	849 kWh/kWp
Investitionskosten	75.408 EUR	125.664 EUR	155.040 EUR
Spez. Kosten	4.800 EUR/kWp	4.800 EUR/kWp	4.800 EUR/kWp
Finanzierung	Bankdarlehen (Annuität)	Bankdarlehen (Annuität)	Bankdarlehen (Annuität)
Eigenkapital	3.770 EUR	3.142 EUR	3.876 EUR
Kapitalrückfluss	7.104 EUR	10.407 EUR	19.726 EUR
kumulierter Gewinn	3.333 EUR	7.266 EUR	15.850 EUR
Interner Zinsfuß	3,3 %	6,2 %	8,6 %

Aus der Tabelle 32 wird ersichtlich, dass die Photovoltaikanlage auf dem Dach der Regionalschule II (Hauptgebäude) die besten Ergebnisse liefert.

Insgesamt sind jedoch alle Anlagen wirtschaftlich zu betreiben, wenn ein Einkaufspreis von 4.800 €/kWp netto, einschließlich aller Nebenkosten (Gerüst, Montage usw.) erzielt wird. Die Simulationssoftware PV-Sol, mit der die Anlagen simuliert wurden, liefert grundsätzlich konservative Ertragsprognosen. Aus Erfahrung lässt sich sagen, dass PV-Anlagen Erträge über 850 kWh/kWp liefern. Dieses würde bei gleichen Rahmenbedingungen die Wirtschaftlichkeit verbessern.

Die Anlagen sind jedoch nur dann wirtschaftlich zu betreiben, wenn die Umsatzsteuer vom Finanzamt zurück gefordert werden kann (Betrieb gewerblicher Art). Mit In-

stallation der 3 PV-Anlagen werden in 20 Jahren 1,25 Mio. kWh Strom regenerativ erzeugt. Es werden 862.000 kg CO₂ eingespart und Investitionen in Höhe von knapp 360.000 € getätigt, die Arbeitsplätze in der Region sichern.

Unsere Empfehlung lautet daher die Anlagen zu errichten, sofern die beschriebenen Randbedingungen eingehalten werden können.

5.4. Schlusswort

Durch die Realisierung der empfohlenen Varianten in Jünkerath wird unsere „Umwelt“ geschützt und der Ausstoß klimawirksamer Treibhausgase wie CO₂ wird vermindert. Die Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen wird reduziert und gleichzeitig die regionale Wertschöpfung durch den Einsatz von heimischem Holz als Brennstoff erhöht. Gerade in Schulen in denen die Kinder und Jugendliche für ihre Zukunft vorbereitet werden, sind solche nachhaltigen Projekte von hohem Wert.

LITERATURVERZEICHNIS

Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS), Roland Cornelius, "Privater Strom aus der Sonne – Leitfaden zur Photovoltaik für Bürgerinnen und Bürger des Landes Rheinland-Pfalz"

Handbuch Bioenergie-Kleinanlagen, H. Hartmann, Februar 2003

BINE Informationsdienst, Thermische Nutzung der Sonnenenergie, Bonn, 1999, Seite 3; Online Quelle: www.bine.info

Quaschning, Volker; Regenerative Energiesysteme, München-Wien, 2006

INTERNETQUELLEN

Homepage C.A.R.M.E.N. e.V., www.carmen-ev.de

Homepage NTI AG

Homepage der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW): www.kfw-foerderbank.de

ANHANG

Gebäudedatenblätter

- Grundschule
- Regionalschule 1
- Regionalschule 2

Simulations-Datenblätter

- Grundschule
- Regionalschule 1
- Regionalschule 2

Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen

- Grundschule
- Regionalschule 1
- Regionalschule 2

Datenblatt für PV-Dachflächenkartierungen

(bitte für jedes in Frage kommende Dach ein Datenblatt ausfüllen)

Projektdaten

Projekt:

Grundschule Jünkerath

Anschrift:

Schulstr. 22
54584 Jünkerath

Das Gebäude steht im Eigentum von:

Verbandsgemeinde Obere Kyll
54584 Jünkerath

Ansprechpartner (Telefon/Email):

Edgar Steffes, 0 65 97 / 16 –141
edgar.steffes@oberekyll.de



Bearbeiter

Name:	Carmen Bender
Telefon/Email:	0 67 82 / 17 – 14 68, c.bender@umwelt-campus.de
Datum:	

Vorhandene Gebäudepläne

Lageplan M 1:500
Grundriss M 1:100
Querschnitt M 1:20
Ansichten M 1:100

Gebäudedaten I

Alter des Gebäudes	1972, damals mit Flachdach
Alter des Daches	1985 – 87 Satteldach
Letzte General-/ Teilsanierung	1985 – 87, Sanierung der Fassade und der Alu-Fenster
Ist eine Dachsanierung vorgesehen?	☐ ja (bitte Zeitraum angeben) ☒ nein

Zuständiges Versorgungsunternehmen (Anschrift/Ansprechpartner):

Fa. Lichtblick, Max-Brauer-Allee 44, 22765 Hamburg

Gebäudedaten II

x Schrägdach		☐ Flachdach	
Dachneigung:	23°	Höhe der Attika	
Ausrichtung:	+30° SW		
Dacheindeckung:		Dachaufbau	
☐ Schiefer ☐ Standard-Ziegel ☐ Biberschwanz ☐ Blech ☐ Eternit ☐ Holzdach ☒ Betondachstein ☐ Sonstiges (bitte beschreiben) -----		(Skizze mit Maßangaben)	

Dachfläche gesamt: (36 m + 25 m) : 2 x 6,88 m = 209,84 m²

Traufenhöhe: 7,50 m

Verschattung: keine
 (Fenster, Bäume,
 Schornsteine,
 Strommasten,
 Stromleitungen, etc.)

Effektiv nutzbare Dachfläche: (34 m + 23 m) : 2 x 4,88 m = 139,08 m²

139 m² geneigte Dachfläche entsprechen ca. 13,9 kWp

Standort Wechselrichter (WR) **Lehrmittelraum (OG)**

Leitungslänge Module – WR ca. 5 m

Leitungslänge WR – Zählerkasten

Leerer Kabelkanal vorhanden ☐ ja
☐ nein

Blitzschutzanlage vorhanden ☒ ja
☐ nein

Zusätzlicher Zählerplatz vorhanden ☒ ja im Hausmeisterraum (EG)
☐ nein



Ansicht von Nord-Westen

Datenblatt für PV-Dachflächenkartierungen

(bitte für jedes in Frage kommende Dach ein Datenblatt ausfüllen)

Projektdaten

Projekt:

Regionalschule Jünkerath 1

Anschrift:

Schulstr. 22
54584 Jünkerath

Das Gebäude steht im Eigentum von:

Verbandsgemeinde Obere Kyll
54584 Jünkerath

Ansprechpartner (Telefon/Email):

Edgar Steffes, 0 65 97 / 16 –141
edgar.steffes@oberekyll.de



Bearbeiter

Name:	Carmen Bender
Telefon/Email:	0 67 82 / 17 – 14 68, c.bender@umwelt-campus.de
Datum:	

Vorhandene Gebäudepläne

Lageplan M 1:500
Grundriss M 1:100
Querschnitt M 1:20

Gebäudedaten I

Alter des Gebäudes	1968, damals mit Flachdach
Alter des Daches	1985 – 87 Satteldach
Letzte General-/ Teilsanierung	1985 – 87, Sanierung der Fassade und der Alu-Fenster
Ist eine Dachsanierung vorgesehen?	☐ ja (bitte Zeitraum angeben) ☒ nein

Zuständiges Versorgungsunternehmen (Anschrift/Ansprechpartner):

Fa. Lichtblick, Max-Brauer-Allee 44, 22765 Hamburg

Gebäudedaten II

x Schrägdach		☐ Flachdach	
Dachneigung:	24,32°	Höhe der Attika	
Ausrichtung:	+30° SW		
Dacheindeckung:		Dachaufbau	
☐ Schiefer ☐ Standard-Ziegel ☐ Biberschwanz ☐ Blech ☐ Eternit ☐ Holzdach ☒ Betondachstein ☐ Sonstiges (bitte beschreiben) -----		(Skizze mit Maßangaben)	

Dachfläche gesamt:

$$(43 \text{ m} + 29 \text{ m}) : 2 \times 8,84 \text{ m} = 318,24 \text{ m}^2$$

Traufenhöhe:

Verschattung:

(Fenster, Bäume,
Schornsteine,
Strommasten,
Stromleitungen, etc.)

keine

Effektiv nutzbare
Dachfläche:

$$(41 \text{ m} + 27 \text{ m}) : 2 \times 6,84 \text{ m} = 232,56 \text{ m}^2$$

232 m² geneigte Dachfläche entsprechen ca. 23,2 kWp

Standort Wechselrichter (WR)

Fernsehraum (OG, Zimmer 203) oder
Putzmittelraum (OG, Zimmer 211)

Leitungslänge Module – WR

5 m bzw. 20 m

Leitungslänge WR – Zählerkasten

Leerer Kabelkanal vorhanden

☐ ja
☐ nein

Blitzschutzanlage vorhanden

x ja
☐ nein

Zusätzlicher Zählerplatz vorhanden

x ja (Hausmeisterwerkstatt KG)
☐ nein



Ansicht von Nord-Westen



Ansicht von Westen

Datenblatt für PV-Dachflächenkartierungen

(bitte für jedes in Frage kommende Dach ein Datenblatt ausfüllen)

Projektdaten

Projekt:

Regionalschule Jünkerath 2

Anschrift:

Schulstr. 22
54584 Jünkerath

Das Gebäude steht im Eigentum von:

Verbandsgemeinde Obere Kyll
54584 Jünkerath

Ansprechpartner (Telefon/Email):

Edgar Steffes, 0 65 97 / 16 -141
edgar.steffes@oberekyll.de



Bearbeiter

Name:	Carmen Bender
Telefon/Email:	0 67 82 / 17 - 14 68, c.bender@umwelt-campus.de
Datum:	

Vorhandene Gebäudepläne

Lageplan M 1:500
Teilgrundriss M 1:100
Querschnitt M 1:20

Gebäudedaten I

Alter des Gebäudes	1971, damals mit Flachdach
Alter des Daches	1985 – 87 Satteldach
Letzte General-/ Teilsanierung	1985 – 87, Sanierung der Fassade und der Alu-Fenster
Ist eine Dachsanierung vorgesehen?	☐ ja (bitte Zeitraum angeben) ☒ nein

Zuständiges Versorgungsunternehmen (Anschrift/Ansprechpartner):

Fa. Lichtblick, Max-Brauer-Allee 44, 22765 Hamburg

Gebäudedaten II

x Schrägdach		☐ Flachdach	
Dachneigung:	23°	Höhe der Attika	
Ausrichtung:	+30° SW		
Dacheindeckung:		Dachaufbau	
☐ Schiefer ☐ Standard-Ziegel ☐ Biberschwanz ☐ Blech ☐ Eternit ☐ Holzdach ☒ Betondachstein ☐ Sonstiges (bitte beschreiben) -----		(Skizze mit Maßangaben)	

Dachfläche gesamt:

(82 m + 72 m) : 2 x 5,84 m = 449,68 m²

Traufenhöhe:

Verschattung:

(Fenster, Bäume,
Schornsteine,
Strommasten,
Stromleitungen, etc.)

keine

Effektiv nutzbare
Dachfläche:

(80 m + 70 m) : 2 x 3,84 m = 288 m²

288 m² geneigte Dachfläche entsprechen ca. 28,8 kWp

Standort Wechselrichter (WR)

Putzmittelraum (OG, Zimmer 225)

Leitungslänge Module – WR

ca. 10 m

Leitungslänge WR – Zählerkasten

Leerer Kabelkanal vorhanden

☐ ja
☐ nein

Blitzschutzanlage vorhanden

☒ ja
☐ nein

Zusätzlicher Zählerplatz vorhanden

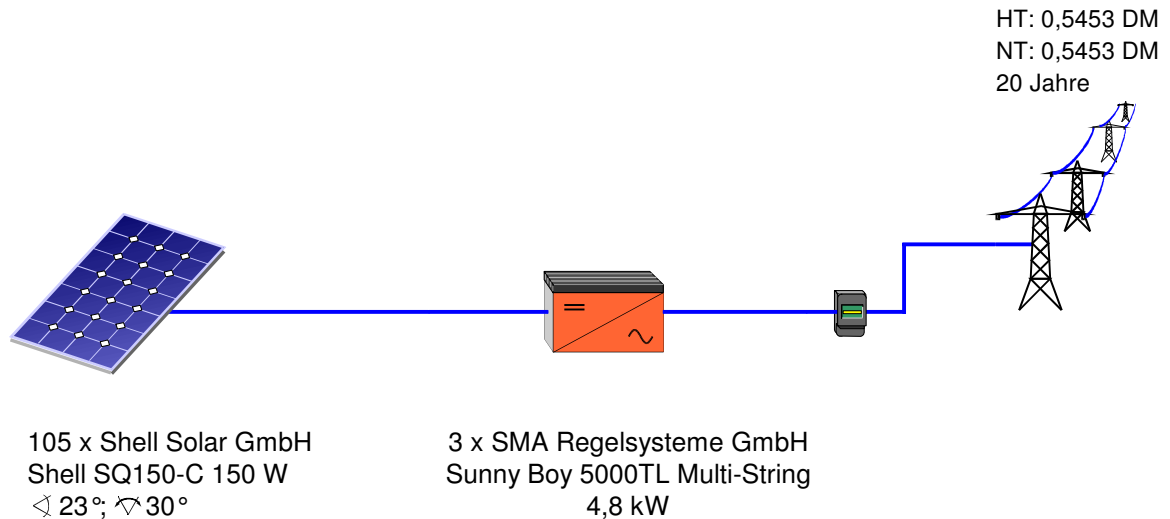
☒ ja im Hauptgebäude, beide Gebäude haben
einen Anschluss
☐ nein



Ansicht von Süd-Westen



Ansicht von Süd-Osten

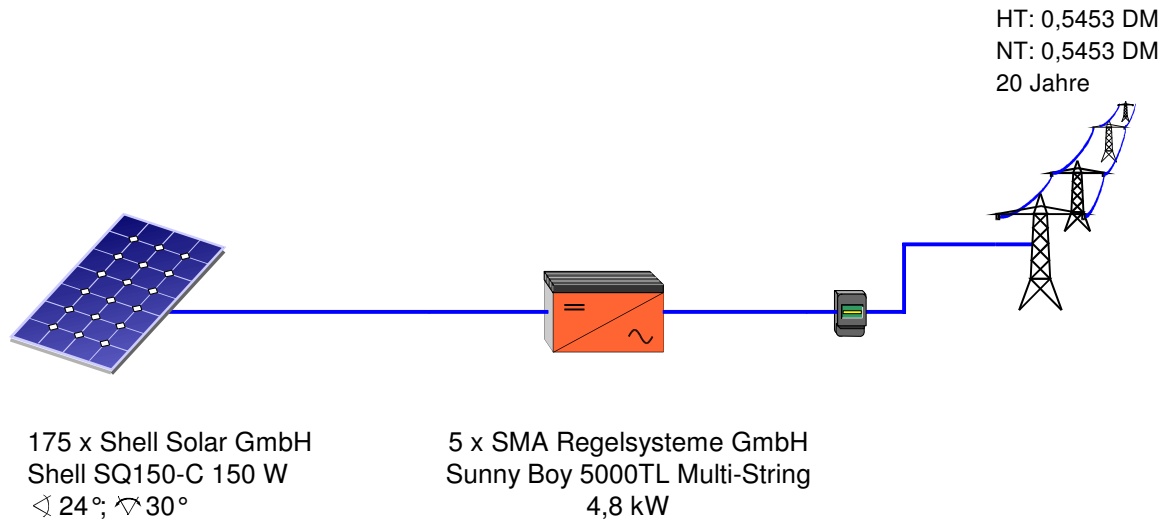


Standort: Jünkerath
Wetterdatensatz: Trier (1981-2000)
PV-Leistung: 15,71 kWp
PV-Brutto-/Bezugsfläche: 138,63 m² / 138,26 m²

PV-Generator Einstrahlung: 160.021 kWh
PV-Gen. erzeugte Energie (wechselstromseitig): 13.075 kWh
Netzeinspeisung: 13.075 kWh

Systemnutzungsgrad: 8,1 %
Performance Ratio (Anlagennutzungsgrad): 71,7 %
Wechselrichter Nutzungsgrad: 91,5 %
PV-Generator Nutzungsgrad: 8,9 %
spez. Jahresertrag: 829,8 kWh/kWp
Vermiedene CO₂-Emissionen: 11.545 kg/a

Die Ergebnisse sind durch eine mathematische Modellrechnung ermittelt worden. Die tatsächlichen Erträge der Photovoltaikanlage können aufgrund von Schwankungen des Wetters, der Wirkungsgrade von Modulen und Wechselrichter und anderer Faktoren abweichen. Das obige Anlagenschema ersetzt nicht die fachtechnische Planung der Photovoltaikanlage.

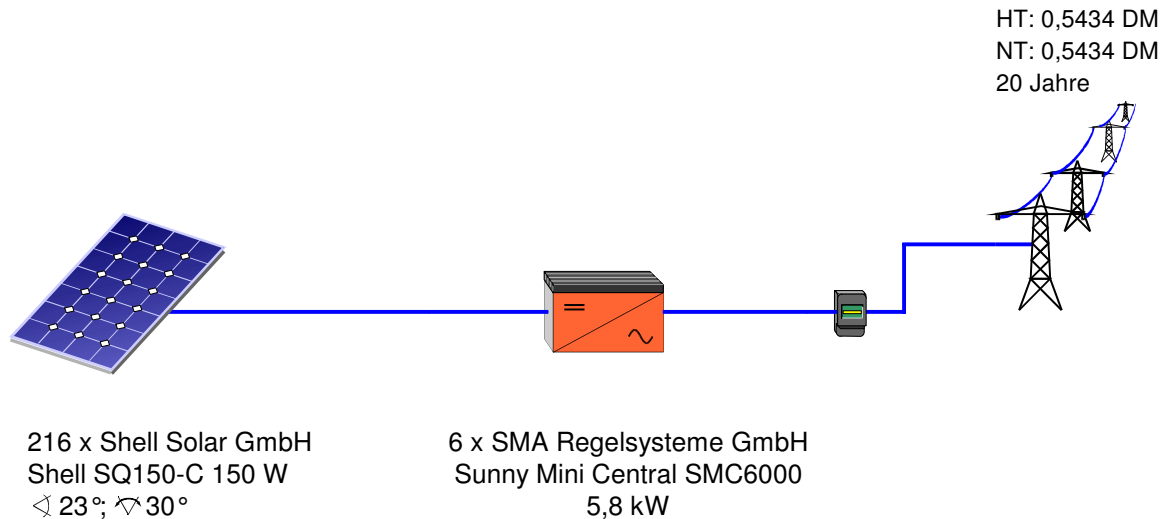


Standort: Jünkerath
Wetterdatensatz: Trier (1981-2000)
PV-Leistung: 26,18 kWp
PV-Brutto-/Bezugsfläche: 231,05 m² / 230,44 m²

PV-Generator Einstrahlung: 267.231 kWh
PV-Gen. erzeugte Energie (wechselstromseitig): 21.848 kWh
Netzeinspeisung: 21.848 kWh

Systemnutzungsgrad: 8,2 %
Performance Ratio (Anlagennutzungsgrad): 71,7 %
Wechselrichter Nutzungsgrad: 91,5 %
PV-Generator Nutzungsgrad: 8,9 %
spez. Jahresertrag: 832,0 kWh/kWp
Vermiedene CO₂-Emissionen: 19.292 kg/a

Die Ergebnisse sind durch eine mathematische Modellrechnung ermittelt worden. Die tatsächlichen Erträge der Photovoltaikanlage können aufgrund von Schwankungen des Wetters, der Wirkungsgrade von Modulen und Wechselrichter und anderer Faktoren abweichen. Das obige Anlagenschema ersetzt nicht die fachtechnische Planung der Photovoltaikanlage.



Standort: Jünkerath
Wetterdatensatz: Trier (1981-2000)
PV-Leistung: 32,31 kWp
PV-Brutto-/Bezugsfläche: 285,19 m² / 284,43 m²

PV-Generator Einstrahlung: 329.186 kWh
PV-Gen. erzeugte Energie (wechselstromseitig): 27.483 kWh
Netzeinspeisung: 27.483 kWh

Systemnutzungsgrad: 8,3 %
Performance Ratio (Anlagennutzungsgrad): 73,3 %
Wechselrichter Nutzungsgrad: 94,4 %
PV-Generator Nutzungsgrad: 8,8 %
spez. Jahresertrag: 848,7 kWh/kWp
Vermiedene CO₂-Emissionen: 24.289 kg/a

Die Ergebnisse sind durch eine mathematische Modellrechnung ermittelt worden. Die tatsächlichen Erträge der Photovoltaikanlage können aufgrund von Schwankungen des Wetters, der Wirkungsgrade von Modulen und Wechselrichter und anderer Faktoren abweichen. Das obige Anlagenschema ersetzt nicht die fachtechnische Planung der Photovoltaikanlage.

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Photovoltaik

Gemeinde: Jünkerath
Objekt: Grundschule

Fläche: 140 m²
Installation: Dach
Ausrichtung: Süd-West
Bestehende Anlage: -

PV Potenzial: 15,7 kWp

Inbetriebnahmejahr:	2006
Inbetriebnahmemonat:	Okt
Vorsteuerabzugsberechtigt:	ja
Spez. Investitionskosten	4.800 €/kWp
Stromertrag pro kWp und Jahr:	830 kWh/kWp

Ausgangsdaten

	Netto	MwSt	Netto
Allgemeine Daten			
Aufstellfläche			Dach
Jahr			2006
Monat			Okt
Inflation			2,00%
Rechtsform			privat
Gewerbesteuer			keine
vorsteuerabzugsberechtigt			ja
Investition			
Anlagekosten (schlüsselartig)			
Anlagengröße:			15,7 kWp
Spezifische Kosten pro kWp	4.800,00 €	0,00 €	4.800,00 € (Netto)
Gesamtkosten Photovoltaikanlage	75.408,00 €	0,00 €	75.408,00 € (Netto)
Weitere Kosten			
Garantieverlängerung Wechselrichter	0,00 €	0,00 €	0,00 € (netto)
Projektierungs- und Planungskosten			0,00 €
Gründungskosten für Gesellschaft			0,00 €
Pauschalzahlung Pacht			0,00 €
Kapitalbeschaffungskosten			0,00 €
Finanzierung			
Eigenkapital			3.770,40 €
Fördermittel (nicht rückzahlbar)			0,00 €
Bankdarlehen (Tilgungsdarlehen)			
Zinssatz (nom.)			3,75% p.a.
Laufzeit			20 Jahre
Zinsbindung			10 Jahre
Zinssatz Restlaufzeit			5,00% p.a.
Auszahlung			100,00%
Tilgungsfreie Jahre			0 Jahre
Bankdarlehen (Annuität)			
Zinssatz (nom.)			3,75%
Laufzeit			20 Jahre
Zinsbindung			10 Jahre
Zinssatz Restlaufzeit			5,00% p.a.
Auszahlung			100,00%
Tilgungsfreie Jahre			0 Jahre
Kontokorrentkredit			
Sollzinssatz (nom.)			9,00%
Einnahmen			
Brutto - Jahresstromertrag pro kWp			830 kWh/a
Sicherheitsabschlag			0,0%
jährliche Ertragsminderung			0,5% p.a.
Einspeisevergütung (netto)			0,5180 € /kWh
Habenzins für Liquiditätsreserve			0,50%
Ausgaben			
Betriebs- und Verwaltungskosten			
Versicherung	172,81 €	0,00 €	172,81 € pro Jahr
- Prämie pro kWp	11,00 €		
- Mindestprämie	100,00 €		
Betriebsführung / Wartung / Zählermiete	250,00 €	0,00 €	250,00 € pro Jahr
- in % der Investsumme	0,25%		
- Mindestkosten	250,00 €		
Jahresabschluss und Steuerberatung	0,00 €	0,00 €	0,00 € pro Jahr
Pacht			0,00 € pro kWp und Jahr
Wechselrichteraustausch			
Kosten für Wechselrichter pro Watt	0,50 €	0,00 €	0,50 € pro Watt
Leistung in Bezug zur Anlagenleistung			100%
Kostenminderung pro Jahr	0%		
Gesamtkosten Wechselrichteraustausch	7.855,00 €	0,00 €	7.855,00 € (Netto)
Liquiditätsreserve			
Liquiditätsreserve zu Beginn	5,00%	Prozent vom Invest =	3.770,40 €
maximale Liquiditätsreserve	5,00%	Prozent vom Invest =	3.770,40 €
Steuerliche Betrachtung			
Steuersatz			30%
Gewerbesteuerhebesatz			350%

Investitions- und Finanzierungsplan

A - Investitionsplan (Mittelverwendung)

Gesamtkosten Photovoltaikanlage	75.408,00 €	
Garantieverlängerung Wechselrichter	0,00 €	
Projektierungs- und Planungskosten	0,00 €	
Gründungskosten für Gesellschaft	0,00 €	
Förderfähige Investitionskosten	75.408,00 €	
Pauschalzahlung Pacht	0,00 €	
Kapitalbeschaffungskosten	0,00 €	
Disagio KfW - Solarstrom Erzeugen	0,00 €	
Liquiditätsreserve	3.770,40 €	
Gesamtinvestitionssumme	79.178,40 €	
Gesamtkosten pro kWp	5.040,00 €	

B - Finanzierungsplan (Mittelherkunft)

Eigenkapital		4,76%
Eigenkapital	3.770,40 €	
Fördermittel (nicht rückzahlbar)	0,00 €	
	3.770,40 €	
Fremdkapital		95,24%
KfW - Solarstrom erzeugen	0,00 €	
ERP - Dalehen	0,00 €	
KfW - Umweltprogramm	0,00 €	
KfW - Infrastrukturprogramm	0,00 €	
Bankdarlehen (Tilgungsdarlehen)	75.408,00 €	
Bankdarlehen (Annuität)	0,00 €	
	75.408,00 €	
Gesamtinvestitionssumme	79.178,40 €	100,00%

Wirtschaftlichkeitsprognose

	Inst.-Jahr 2006	1. Jahr 2007	2. Jahr 2008	3. Jahr 2009	4. Jahr 2010	5. Jahr 2011	6. Jahr 2012	7. Jahr 2013	8. Jahr 2014	9. Jahr 2015	10. Jahr 2016	11. Jahr 2017	12. Jahr 2018	13. Jahr 2019	14. Jahr 2020	15. Jahr 2021	16. Jahr 2022	17. Jahr 2023	18. Jahr 2024	19. Jahr 2025	20. Jahr 2026	Summen	
1 <u>Einnahmen - Ausgaben</u>																							
1.1 <u>Einnahmen</u>																							
Einspeisevergütung	675 €	6.721 €	6.687 €	6.654 €	6.621 €	6.588 €	6.555 €	6.522 €	6.489 €	6.457 €	6.425 €	6.392 €	6.360 €	6.329 €	6.297 €	6.266 €	6.234 €	6.203 €	6.172 €	6.141 €	6.110 €	128.899 €	
Zinseinnahmen (Liquiditätsreserve)	2 €	10 €	9 €	9 €	9 €	10 €	11 €	13 €	15 €	18 €	21 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	2 €	9 €	16 €	26 €	181 €	
Gesamteinnahmen	678 €	6.731 €	6.696 €	6.663 €	6.630 €	6.598 €	6.566 €	6.535 €	6.505 €	6.475 €	6.446 €	6.392 €	6.360 €	6.329 €	6.297 €	6.266 €	6.234 €	6.205 €	6.181 €	6.157 €	6.137 €	129.080 €	
1.2 <u>Ausgaben</u>																							
Versicherungen	43 €	176 €	180 €	183 €	187 €	191 €	195 €	199 €	202 €	207 €	211 €	215 €	219 €	224 €	228 €	233 €	237 €	242 €	247 €	252 €	257 €	4.326 €	
Betriebsführung / Wartung / Zählermiete	63 €	255 €	260 €	265 €	271 €	276 €	282 €	287 €	293 €	299 €	305 €	311 €	317 €	323 €	330 €	336 €	343 €	350 €	357 €	364 €	371 €	6.258 €	
Wechselrichteraustausch	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	7.855 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	7.855 €	
Jahresabschluss und Steuerberatung	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	
Pacht	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	
Zinsen Kontokorrentkonto	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	296 €	283 €	254 €	210 €	148 €	67 €	7 €	0 €	0 €	0 €	1.265 €	
Zinsen Bankdarlehen (Tilgungsd.)	707 €	2.722 €	2.580 €	2.439 €	2.298 €	2.156 €	2.015 €	1.873 €	1.732 €	1.591 €	1.567 €	1.744 €	1.555 €	1.367 €	1.178 €	990 €	801 €	613 €	424 €	236 €	47 €	30.635 €	
Zinsen Bankdarlehen (Annuität)	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	
Gesamtausgaben	813 €	3.153 €	3.020 €	2.888 €	2.755 €	2.623 €	2.491 €	2.359 €	2.227 €	2.096 €	2.082 €	10.420 €	2.374 €	2.168 €	1.946 €	1.707 €	1.448 €	1.212 €	1.028 €	852 €	675 €	50.339 €	
1.3 <u>Einnahmenüberschuss</u>	-135 €	3.578 €	3.676 €	3.775 €	3.875 €	3.975 €	4.075 €	4.176 €	4.277 €	4.379 €	4.363 €	-4.028 €	3.986 €	4.161 €	4.351 €	4.559 €	4.786 €	4.994 €	5.153 €	5.305 €	5.461 €	78.741 €	
2 <u>Gewinn- und Verlustrechnung (vor Steuern)</u>																							
2.1 <u>Abschreibungen</u>	3.770 €	7.164 €	6.447 €	5.803 €	5.222 €	4.700 €	4.230 €	3.807 €	3.426 €	3.084 €	2.775 €	3.415 €	3.415 €	3.415 €	3.415 €	3.415 €	3.415 €	3.415 €	3.415 €	3.415 €	3.415 €	2.100 €	83.263 €
2.2 <u>Gewinn & Verlust</u> (vor Steuern)	-3.905 €	-3.586 €	-2.771 €	-2.028 €	-1.348 €	-726 €	-155 €	369 €	851 €	1.295 €	1.588 €	412 €	572 €	746 €	936 €	1.144 €	1.371 €	1.579 €	1.738 €	1.891 €	3.361 €	3.333 €	
3 <u>Liquiditätsrechnung (vor Steuern)</u>																							
3.1 <u>Darlehensstilgung</u>																							
Tilgung Bankdarlehen (Tilgungsdarlehen)	1.885 €	3.770 €	3.770 €	3.770 €	3.770 €	3.770 €	3.770 €	3.770 €	3.770 €	3.770 €	3.770 €	3.770 €	3.770 €	3.770 €	3.770 €	3.770 €	3.770 €	3.770 €	3.770 €	3.770 €	3.770 €	1.885 €	75.408 €
Tilgung Bankdarlehen (Annuität)	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Gesamttilgung	1.885 €	3.770 €	3.770 €	3.770 €	3.770 €	3.770 €	3.770 €	3.770 €	3.770 €	3.770 €	3.770 €	3.770 €	3.770 €	3.770 €	3.770 €	3.770 €	3.770 €	3.770 €	3.770 €	3.770 €	3.770 €	1.885 €	75.408 €
3.2 <u>Ausschüttung</u>	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	7.104 €	7.104 €
3.3 <u>Barüberschuss</u>	-2.020 €	-193 €	-94 €	5 €	104 €	204 €	305 €	405 €	507 €	609 €	593 €	-7.798 €	216 €	390 €	580 €	788 €	1.015 €	1.223 €	1.382 €	1.535 €	-3.527 €		
3.4 <u>Kumulierte Liquiditätsrsrve</u>	1.750 €	1.557 €	1.463 €	1.468 €	1.572 €	1.776 €	2.081 €	2.486 €	2.993 €	3.602 €	4.195 €	-3.603 €	-3.387 €	-2.997 €	-2.417 €	-1.628 €	-613 €	610 €	1.992 €	3.527 €	0 €		
4 <u>Rendite (der Einlage) vor Steuern</u>																							
4.1 <u>Eigenkapital</u>	3.770 €																						
4.2 <u>Kapitalrückfluss</u>	7.104 €																						
4.3 <u>kummulierter Gewinn</u>	3.333 €																						
4.4 <u>Interner Zinsfuß:</u>	3,2%																						
5 <u>Steuern</u>																							
5.1 <u>Gewerbsteuer</u>	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
5.2 <u>Einkommen-/ Körperschaftsteuer</u>	-1.172 €	-1.076 €	-831 €	-608 €	-404 €	-218 €	-47 €	111 €	255 €	389 €	476 €	124 €	171 €	224 €	281 €	343 €	411 €	474 €	521 €	567 €	1.008 €	1.000 €	

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Photovoltaik

Gemeinde: Jünkerath

Objekt: Regionalschule 1

Fläche: 233 m²

Installation: Dach

Ausrichtung: Süd-West

Bestehende Anlage: -

PV Potenzial: 26,2 kWp

Inbetriebnahmejahr: 2006

Inbetriebnahmemonat: Okt

Vorsteuerabzugsberechtigt: ja

Spez. Investitionskosten 4.800 €/kWp

Stromertrag pro kWp und Jahr: 832 kWh/kWp

Ausgangsdaten

	Netto	MwSt	Netto
Allgemeine Daten			
Aufstellfläche			Dach
Jahr			2006
Monat			Okt
Inflation			2,00%
Rechtsform			privat
Gewerbesteuer			keine
vorsteuerabzugsberechtigt			ja
Investition			
Anlagekosten (schlüsselfertig)			
Anlagengröße:			26,2 kWp
Spezifische Kosten pro kWp	4.800,00 €	0,00 €	4.800,00 € (Netto)
Gesamtkosten Photovoltaikanlage	125.664,00 €	0,00 €	125.664,00 € (Netto)
Weitere Kosten			
Garantieverlängerung Wechselrichter	0,00 €	0,00 €	0,00 € (netto)
Projektierungs- und Planungskosten			0,00 €
Gründungskosten für Gesellschaft			0,00 €
Pauschalzahlung Pacht			0,00 €
Kapitalbeschaffungskosten			0,00 €
Finanzierung			
Eigenkapital			3.141,60 €
Fördermittel (nicht rückzahlbar)			0,00 €
Bankdarlehen (Tilgungsdarlehen)			
Zinssatz (nom.)			3,75% p.a.
Laufzeit			20 Jahre
Zinsbindung			10 Jahre
Zinssatz Restlaufzeit			5,00% p.a.
Auszahlung			100,00%
Tilgungsfreie Jahre			0 Jahre
Bankdarlehen (Annuität)			
Zinssatz (nom.)			3,75%
Laufzeit			20 Jahre
Zinsbindung			10 Jahre
Zinssatz Restlaufzeit			5,00% p.a.
Auszahlung			100,00%
Tilgungsfreie Jahre			0 Jahre
Kontokorrentkredit			
Sollzinssatz (nom.)			9,00%
Einnahmen			
Brutto - Jahresstromertrag pro kWp			832 kWh/a
Sicherheitsabschlag			0,0%
jährliche Ertragsminderung			0,5% p.a.
Einspeisevergütung (netto)			0,5180 € /kWh
Habenzins für Liquiditätsreserve			0,50%
Ausgaben			
Betriebs- und Verwaltungskosten			
Versicherung	287,98 €	0,00 €	287,98 € pro Jahr
- Prämie pro kWp	11,00 €		
- Mindestprämie	100,00 €		
Betriebsführung / Wartung / Zählermiete	314,16 €	0,00 €	314,16 € pro Jahr
- in % der Investsumme	0,25%		
- Mindestkosten	250,00 €		
Jahresabschluss und Steuerberatung	0,00 €	0,00 €	0,00 € pro Jahr
Pacht			0,00 € pro kWp und Jahr
Wechselrichteraustausch			
Kosten für Wechselrichter pro Watt	0,50 €	0,00 €	0,50 € pro Watt
Leistung in Bezug zur Anlagenleistung			100%
Kostenminderung pro Jahr	0%		
Gesamtkosten Wechselrichteraustausch	13.090,00 €	0,00 €	13.090,00 € (Netto)
Liquiditätsreseve			
Liquiditätsreserve zu Beginn	2,50%	Prozent vom Invest =	3.141,60 €
maximale Liquiditätsreserve	5,00%	Prozent vom Invest =	6.283,20 €
Steuerliche Betrachtung			
Steuersatz			30%
Gewerbesteuerhebesatz			350%

Investitions- und Finanzierungsplan

A - Investitionsplan (Mittelverwendung)

Gesamtkosten Photovoltaikanlage	125.664,00 €	
Garantieverlängerung Wechselrichter	0,00 €	
Projektierungs- und Planungskosten	0,00 €	
Gründungskosten für Gesellschaft	0,00 €	
Förderfähige Investitionskosten	125.664,00 €	
Pauschalzahlung Pacht	0,00 €	
Kapitalbeschaffungskosten	0,00 €	
Disagio KfW - Solarstrom Erzeugen	0,00 €	
Liquiditätsreserve	3.141,60 €	
Gesamtinvestitionssumme	128.805,60 €	
Gesamtkosten pro kWp	4.920,00 €	

B - Finanzierungsplan (Mittelherkunft)

Eigenkapital		2,44%
Eigenkapital	3.141,60 €	
Fördermittel (nicht rückzahlbar)	0,00 €	
	3.141,60 €	
Fremdkapital		97,56%
KfW - Solarstrom erzeugen	0,00 €	
ERP - Dalehen	0,00 €	
KfW - Umweltprogramm	0,00 €	
KfW - Infrastrukturprogramm	0,00 €	
Bankdarlehen (Tilgungsdarlehen)	125.664,00 €	
Bankdarlehen (Annuität)	0,00 €	
	125.664,00 €	
Gesamtinvestitionssumme	128.805,60 €	100,00%

Wirtschaftlichkeitsprognose

	Inst.-Jahr 2006	1. Jahr 2007	2. Jahr 2008	3. Jahr 2009	4. Jahr 2010	5. Jahr 2011	6. Jahr 2012	7. Jahr 2013	8. Jahr 2014	9. Jahr 2015	10. Jahr 2016	11. Jahr 2017	12. Jahr 2018	13. Jahr 2019	14. Jahr 2020	15. Jahr 2021	16. Jahr 2022	17. Jahr 2023	18. Jahr 2024	19. Jahr 2025	20. Jahr 2026	Summen	
1 <u>Einnahmen - Ausgaben</u>																							
1.1 <u>Einnahmen</u>																							
Einspeisevergütung	1.128 €	11.227 €	11.171 €	11.115 €	11.060 €	11.004 €	10.949 €	10.895 €	10.840 €	10.786 €	10.732 €	10.678 €	10.625 €	10.572 €	10.519 €	10.466 €	10.414 €	10.362 €	10.310 €	10.259 €	10.207 €	215.322 €	
Zinseinnahmen (Liquiditätsreserve)	0 €	2 €	2 €	2 €	2 €	4 €	6 €	10 €	15 €	20 €	26 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	6 €	18 €	37 €	150 €	
Gesamteinnahmen	1.128 €	11.230 €	11.173 €	11.117 €	11.062 €	11.008 €	10.956 €	10.905 €	10.855 €	10.806 €	10.758 €	10.678 €	10.625 €	10.572 €	10.519 €	10.466 €	10.414 €	10.362 €	10.316 €	10.277 €	10.244 €	215.472 €	
1.2 <u>Ausgaben</u>																							
Versicherungen	72 €	294 €	300 €	306 €	312 €	318 €	324 €	331 €	337 €	344 €	351 €	358 €	365 €	373 €	380 €	388 €	395 €	403 €	411 €	420 €	428 €	7.209 €	
Betriebsführung / Wartung / Zählermiete	79 €	320 €	327 €	333 €	340 €	347 €	354 €	361 €	368 €	375 €	383 €	391 €	398 €	406 €	415 €	423 €	431 €	440 €	449 €	458 €	467 €	7.864 €	
Wechselrichteraustausch	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	13.090 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	13.090 €	
Jahresabschluss und Steuerberatung	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	
Pacht	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	
Zinsen Kontokorrentkonto	5 €	24 €	29 €	26 €	16 €	5 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	660 €	639 €	593 €	519 €	417 €	282 €	111 €	3 €	0 €	0 €	3.327 €	
Zinsen Bankdarlehen (Tilgungsd.)	1.178 €	4.536 €	4.300 €	4.064 €	3.829 €	3.593 €	3.358 €	3.122 €	2.886 €	2.651 €	2.611 €	2.906 €	2.592 €	2.278 €	1.964 €	1.649 €	1.335 €	1.021 €	707 €	393 €	79 €	51.051 €	
Zinsen Bankdarlehen (Annuität)	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	
Gesamtausgaben	1.333 €	5.174 €	4.955 €	4.730 €	4.497 €	4.263 €	4.036 €	3.814 €	3.592 €	3.370 €	3.345 €	17.404 €	3.994 €	3.649 €	3.277 €	2.876 €	2.443 €	1.975 €	1.570 €	1.270 €	973 €	82.542 €	
1.3 <u>Einnahmenüberschuss</u>	-205 €	6.056 €	6.218 €	6.388 €	6.566 €	6.745 €	6.920 €	7.091 €	7.263 €	7.436 €	7.413 €	-6.726 €	6.631 €	6.923 €	7.242 €	7.590 €	7.971 €	8.387 €	8.746 €	9.007 €	9.271 €	132.930 €	
2 <u>Gewinn- und Verlustrechnung (vor Steuern)</u>																							
2.1 <u>Abschreibungen</u>	6.283 €	11.938 €	10.744 €	9.670 €	8.703 €	7.833 €	7.049 €	6.344 €	5.710 €	5.139 €	4.625 €	5.691 €	5.691 €	5.691 €	5.691 €	5.691 €	5.691 €	5.691 €	5.691 €	5.691 €	3.500 €	138.754 €	
2.2 <u>Gewinn & Verlust</u> (vor Steuern)	-6.488 €	-5.882 €	-4.526 €	-3.282 €	-2.137 €	-1.088 €	-129 €	747 €	1.553 €	2.297 €	2.788 €	673 €	940 €	1.232 €	1.551 €	1.899 €	2.280 €	2.696 €	3.055 €	3.317 €	5.771 €	7.266 €	
3 <u>Liquiditätsrechnung (vor Steuern)</u>																							
3.1 <u>Darlehenstilgung</u>																							
Tilgung Bankdarlehen (Tilgungsdarlehen)	3.142 €	6.283 €	6.283 €	6.283 €	6.283 €	6.283 €	6.283 €	6.283 €	6.283 €	6.283 €	6.283 €	6.283 €	6.283 €	6.283 €	6.283 €	6.283 €	6.283 €	6.283 €	6.283 €	6.283 €	3.142 €	125.664 €	
Tilgung Bankdarlehen (Annuität)	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	
Gesamttilgung	3.142 €	6.283 €	6.283 €	6.283 €	6.283 €	6.283 €	6.283 €	6.283 €	6.283 €	6.283 €	6.283 €	6.283 €	6.283 €	6.283 €	6.283 €	6.283 €	6.283 €	6.283 €	6.283 €	6.283 €	3.142 €	125.664 €	
3.2 <u>Ausschüttung</u>	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	10.407 €	10.407 €	
3.3 <u>Barüberschuss</u>	-3.346 €	-227 €	-65 €	104 €	282 €	462 €	637 €	808 €	980 €	1.152 €	1.129 €	-13.009 €	348 €	640 €	958 €	1.307 €	1.688 €	2.104 €	2.462 €	2.724 €	-4.278 €		
3.4 <u>Kumulierte Liquiditätsrsrve</u>	-205 €	-432 €	-498 €	-393 €	-111 €	351 €	988 €	1.796 €	2.775 €	3.928 €	5.057 €	-7.952 €	-7.604 €	-6.965 €	-6.007 €	-4.700 €	-3.012 €	-908 €	1.554 €	4.278 €	0 €		
4 <u>Rendite (der Einlage) vor Steuern</u>																							
4.1 <u>Eigenkapital</u>	3.142 €																						
4.2 <u>Kapitalrückfluss</u>	10.407 €																						
4.3 <u>kummulierter Gewinn</u>	7.266 €																						
4.4 <u>Interner Zinsfuß:</u>	6,2%																						
5 <u>Steuern</u>																							
5.1 <u>Gewerbsteuer</u>	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	
5.2 <u>Einkommen-/ Körperschaftsteuer</u>	-1.946 €	-1.765 €	-1.358 €	-985 €	-641 €	-326 €	-39 €	224 €	466 €	689 €	836 €	202 €	282 €	370 €	465 €	570 €	684 €	809 €	916 €	995 €	1.731 €	2.180 €	

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Photovoltaik

Gemeinde: Jünkerath
Objekt: Regionalschule 2

Fläche: 288 m²
Installation: Dach
Ausrichtung: Süd-West
Bestehende Anlage: -

PV Potenzial: 32,3 kWp

Inbetriebnahmejahr:	2006
Inbetriebnahmemonat:	Okt
Vorsteuerabzugsberechtigt:	ja
Spez. Investitionskosten	4.800 €/kWp
Stromertrag pro kWp und Jahr:	849 kWh/kWp

Ausgangsdaten

	Netto	MwSt	Netto
Allgemeine Daten			
Aufstellfläche			Dach
Jahr			2006
Monat			Okt
Inflation			2,00%
Rechtsform			privat
Gewerbesteuer			keine
vorsteuerabzugsberechtigt			ja
Investition			
Anlagekosten (schlüsselfertig)			
Anlagengröße:			32,3 kWp
Spezifische Kosten pro kWp	4.800,00 €	0,00 €	4.800,00 € (Netto)
Gesamtkosten Photovoltaikanlage	155.040,00 €	0,00 €	155.040,00 € (Netto)
Weitere Kosten			
Garantieverlängerung Wechselrichter	0,00 €	0,00 €	0,00 € (netto)
Projektierungs- und Planungskosten			0,00 €
Gründungskosten für Gesellschaft			0,00 €
Pauschalzahlung Pacht			0,00 €
Kapitalbeschaffungskosten			0,00 €
Finanzierung			
Eigenkapital			3.876,00 €
Fördermittel (nicht rückzahlbar)			0,00 €
Bankdarlehen (Tilgungsdarlehen)			
Zinssatz (nom.)			3,75% p.a.
Laufzeit			20 Jahre
Zinsbindung			10 Jahre
Zinssatz Restlaufzeit			5,00% p.a.
Auszahlung			100,00%
Tilgungsfreie Jahre			0 Jahre
Bankdarlehen (Annuität)			
Zinssatz (nom.)			3,75%
Laufzeit			20 Jahre
Zinsbindung			10 Jahre
Zinssatz Restlaufzeit			5,00% p.a.
Auszahlung			100,00%
Tilgungsfreie Jahre			0 Jahre
Kontokorrentkredit			
Sollzinssatz (nom.)			9,00%
Einnahmen			
Brutto - Jahresstromertrag pro kWp			849 kWh/a
Sicherheitsabschlag			0,0%
jährliche Ertragsminderung			0,5% p.a.
Einspeisevergütung (netto)			0,5162 € /kWh
Habenzins für Liquiditätsreserve			0,50%
Ausgaben			
Betriebs- und Verwaltungskosten			
Versicherung	355,30 €	0,00 €	355,30 € pro Jahr
- Prämie pro kWp	11,00 €		
- Mindestprämie	100,00 €		
Betriebsführung / Wartung / Zählermiete	387,60 €	0,00 €	387,60 € pro Jahr
- in % der Investsumme	0,25%		
- Mindestkosten	250,00 €		
Jahresabschluss und Steuerberatung	0,00 €	0,00 €	0,00 € pro Jahr
Pacht			0,00 € pro kWp und Jahr
Wechselrichteraustausch			
Kosten für Wechselrichter pro Watt	0,50 €	0,00 €	0,50 € pro Watt
Leistung in Bezug zur Anlagenleistung			100%
Kostenminderung pro Jahr	0%		
Gesamtkosten Wechselrichteraustausch	16.150,00 €	0,00 €	16.150,00 € (Netto)
Liquiditätsreseve			
Liquiditätsreserve zu Beginn	2,50%	Prozent vom Invest =	3.876,00 €
maximale Liquiditätsreserve	5,00%	Prozent vom Invest =	7.752,00 €
Steuerliche Betrachtung			
Steuersatz			30%
Gewerbesteuerhebesatz			350%

Investitions- und Finanzierungsplan

A - Investitionsplan (Mittelverwendung)

Gesamtkosten Photovoltaikanlage	155.040,00 €	
Garantieverlängerung Wechselrichter	0,00 €	
Projektierungs- und Planungskosten	0,00 €	
Gründungskosten für Gesellschaft	0,00 €	
Förderfähige Investitionskosten	155.040,00 €	
Pauschalzahlung Pacht	0,00 €	
Kapitalbeschaffungskosten	0,00 €	
Disagio KfW - Solarstrom Erzeugen	0,00 €	
Liquiditätsreserve	3.876,00 €	
Gesamtinvestitionssumme	158.916,00 €	
Gesamtkosten pro kWp	4.920,00 €	

B - Finanzierungsplan (Mittelherkunft)

Eigenkapital		2,44%
Eigenkapital	3.876,00 €	
Fördermittel (nicht rückzahlbar)	0,00 €	
	3.876,00 €	
Fremdkapital		97,56%
KfW - Solarstrom erzeugen	0,00 €	
ERP - Dalehen	0,00 €	
KfW - Umweltprogramm	0,00 €	
KfW - Infrastrukturprogramm	0,00 €	
Bankdarlehen (Tilgungsdarlehen)	155.040,00 €	
Bankdarlehen (Annuität)	0,00 €	
	155.040,00 €	
Gesamtinvestitionssumme	158.916,00 €	100,00%

Wirtschaftlichkeitsprognose

	Inst.-Jahr 2006	1. Jahr 2007	2. Jahr 2008	3. Jahr 2009	4. Jahr 2010	5. Jahr 2011	6. Jahr 2012	7. Jahr 2013	8. Jahr 2014	9. Jahr 2015	10. Jahr 2016	11. Jahr 2017	12. Jahr 2018	13. Jahr 2019	14. Jahr 2020	15. Jahr 2021	16. Jahr 2022	17. Jahr 2023	18. Jahr 2024	19. Jahr 2025	20. Jahr 2026	Summen
1 <u>Einnahmen - Ausgaben</u>																						
1.1 <u>Einnahmen</u>																						
Einspeisevergütung	1.416 €	14.086 €	14.015 €	13.945 €	13.876 €	13.806 €	13.737 €	13.668 €	13.600 €	13.532 €	13.464 €	13.397 €	13.330 €	13.264 €	13.197 €	13.131 €	13.066 €	13.000 €	12.935 €	12.871 €	12.806 €	270.143 €
Zinseinnahmen (Liquiditätsreserve)	0 €	3 €	3 €	4 €	7 €	10 €	15 €	21 €	27 €	35 €	44 €	0 €	0 €	0 €	0 €	1 €	8 €	22 €	38 €	53 €	58 €	350 €
Gesamteinnahmen	1.416 €	14.089 €	14.019 €	13.950 €	13.882 €	13.816 €	13.752 €	13.689 €	13.628 €	13.567 €	13.508 €	13.397 €	13.330 €	13.264 €	13.197 €	13.132 €	13.074 €	13.023 €	12.973 €	12.923 €	12.865 €	270.493 €
1.2 <u>Ausgaben</u>																						
Versicherungen	89 €	362 €	370 €	377 €	385 €	392 €	400 €	408 €	416 €	425 €	433 €	442 €	451 €	460 €	469 €	478 €	488 €	498 €	507 €	518 €	528 €	8.894 €
Betriebsführung / Wartung / Zählermieta	97 €	395 €	403 €	411 €	420 €	428 €	437 €	445 €	454 €	463 €	472 €	482 €	492 €	501 €	511 €	522 €	532 €	543 €	554 €	565 €	576 €	9.703 €
Wechselrichter austausch	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	16.150 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	16.150 €
Jahresabschluss und Steuerberatung	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Pacht	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Zinsen Kontokorrentkonto	5 €	21 €	15 €	7 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	573 €	504 €	400 €	259 €	88 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	1.871 €
Zinsen Bankdarlehen (Tilgungsd.)	1.454 €	5.596 €	5.305 €	5.015 €	4.724 €	4.433 €	4.142 €	3.852 €	3.561 €	3.270 €	3.222 €	3.585 €	3.198 €	2.810 €	2.423 €	2.035 €	1.647 €	1.260 €	872 €	485 €	97 €	62.985 €
Zinsen Bankdarlehen (Annuität)	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Gesamtausgaben	1.644 €	6.374 €	6.094 €	5.810 €	5.528 €	5.253 €	4.979 €	4.705 €	4.432 €	4.158 €	4.128 €	21.232 €	4.644 €	4.171 €	3.661 €	3.122 €	2.667 €	2.300 €	1.933 €	1.567 €	1.201 €	99.603 €
1.3 <u>Einnahmenüberschuss</u>	-229 €	7.715 €	7.925 €	8.139 €	8.354 €	8.563 €	8.773 €	8.984 €	9.196 €	9.409 €	9.381 €	-7.835 €	8.687 €	9.092 €	9.536 €	10.010 €	10.407 €	10.723 €	11.040 €	11.356 €	11.664 €	170.890 €
2 <u>Gewinn- und Verlustrechnung (vor Steuern)</u>																						
2.1 <u>Abschreibungen</u>	7.752 €	14.729 €	13.256 €	11.930 €	10.737 €	9.664 €	8.697 €	7.827 €	7.045 €	6.340 €	5.706 €	7.021 €	7.021 €	7.021 €	7.021 €	7.021 €	7.021 €	7.021 €	7.021 €	7.021 €	4.318 €	171.190 €
2.2 <u>Gewinn & Verlust (vor Steuern)</u>	-7.981 €	-7.014 €	-5.331 €	-3.791 €	-2.383 €	-1.101 €	76 €	1.156 €	2.151 €	3.069 €	3.675 €	1.294 €	1.666 €	2.071 €	2.515 €	2.989 €	3.386 €	3.702 €	4.019 €	4.336 €	7.346 €	15.850 €
3 <u>Liquiditätsrechnung (vor Steuern)</u>																						
3.1 <u>Darlehensstilgung</u>																						
Tilgung Bankdarlehen (Tilgungsdarlehen)	3.876 €	7.752 €	7.752 €	7.752 €	7.752 €	7.752 €	7.752 €	7.752 €	7.752 €	7.752 €	7.752 €	7.752 €	7.752 €	7.752 €	7.752 €	7.752 €	7.752 €	7.752 €	7.752 €	7.752 €	3.876 €	155.040 €
Tilgung Bankdarlehen (Annuität)	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
Gesamttilgung	3.876 €	7.752 €	7.752 €	7.752 €	7.752 €	7.752 €	7.752 €	7.752 €	7.752 €	7.752 €	7.752 €	7.752 €	7.752 €	7.752 €	7.752 €	7.752 €	7.752 €	7.752 €	7.752 €	7.752 €	3.876 €	155.040 €
3.2 <u>Ausschüttung</u>	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	582 €	3.604 €	15.540 €	19.726 €
3.3 <u>Barüberschuss</u>	-4.105 €	-37 €	173 €	387 €	602 €	811 €	1.021 €	1.232 €	1.444 €	1.657 €	1.629 €	-15.587 €	935 €	1.340 €	1.784 €	2.258 €	2.655 €	2.971 €	2.706 €	0 €	-7.752 €	
3.4 <u>Kumulierte Liquiditätsreserve</u>	-229 €	-266 €	-93 €	295 €	897 €	1.708 €	2.729 €	3.961 €	5.405 €	7.062 €	8.691 €	-6.896 €	-5.961 €	-4.621 €	-2.837 €	-580 €	2.075 €	5.046 €	7.752 €	7.752 €	0 €	
4 <u>Rendite (der Einlage) vor Steuern</u>																						
4.1 <u>Eigenkapital</u>	3.876 €																					
4.2 <u>Kapitalrückfluss</u>	19.726 €																					
4.3 <u>kumulierter Gewinn</u>	15.850 €																					
4.4 <u>Interner Zinsfuß:</u>	8,6%																					
5 <u>Steuern</u>																						
5.1 <u>Gewerbsteuer</u>	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
5.2 <u>Einkommen-/ Körperschaftsteuer</u>	-2.394 €	-2.104 €	-1.599 €	-1.137 €	-715 €	-330 €	23 €	347 €	645 €	921 €	1.102 €	388 €	500 €	621 €	754 €	897 €	1.016 €	1.111 €	1.206 €	1.301 €	2.204 €	4.755 €